

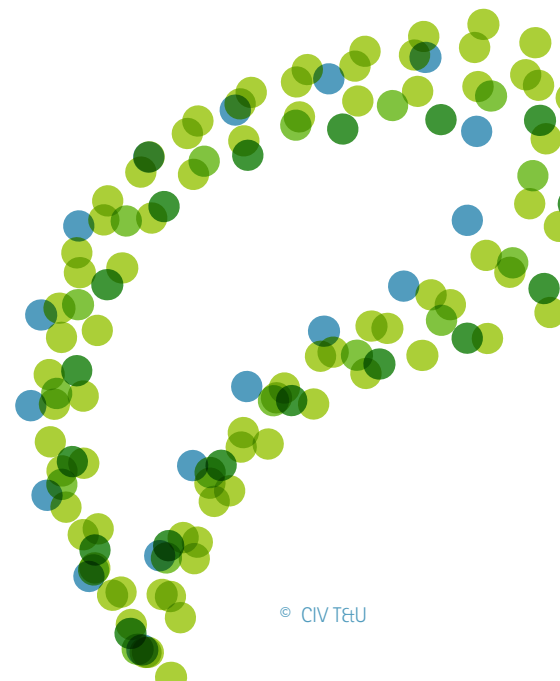


Module

# Techniek in de kas



Centrum voor innovatief vakmanschap  
Tuinbouw & Uitgangsmaterialen



## **Inhoudsopgave**

Hoofdstuk 1. Elektrische weerstand

Hoofdstuk 2. Energie

Hoofdstuk 3. Klimaatcomputer

Hoofdstuk 4. Bewatering

Hoofdstuk 5. Afwatering

Hoofdstuk 6. Weegtechnieken watergift

Hoofdstuk 7. Brandveiligheidseisen schermdoek

Hoofdstuk 8. Elektromotor

Hoofdstuk 9. Ventilatie/Luchting

Hoofdstuk 10. Koeling

Hoofdstuk 11. Belichting

Hoofdstuk 12. CO2-systemen

Hoofdstuk 13. Sensortechniek

Hoofdstuk 14. Pneumatiek

# Hoofdstuk 1. Elektrische weerstand

Alle materialen hebben elektrische weerstand. Soms is de weerstand laag en gaat elektrische stroom er gemakkelijk door. In andere gevallen is de weerstand hoog. Deze kenniskaart licht de functies en rekenmethoden met betrekking tot weerstanden toe.

## 1.1 Weerstand

### 1.1.1 Inleiding

Alle materialen hebben elektrische weerstand (hierna 'weerstand'). Soms is de weerstand laag en gaat elektrische stroom er gemakkelijk door. In andere gevallen is de weerstand hoog. Die materialen laten de stroom niet of nauwelijks door. Metalen hebben een lage weerstand. Dat zijn geleiders. Koper en zilver zijn goede geleiders. Door kunststoffen, glas en keramische materialen kan nagenoeg geen elektrische stroom vloeien. Dat zijn isolatoren. Voorbeelden zijn plastic, glas en porselein.

### 1.1.2 Voor- en nadelen van weerstand

Elektrische stroom ondervindt weerstand in een elektrisch circuit dat is aangesloten op een elektrische spanning. Is weerstand daarom een nadeel in elektrische schakelingen? Ja en nee. Voor het transport van elektrische energie via hoogspanningsleidingen moet de weerstand van de gebruikte leidingen (figuur 1 en 2) zo laag mogelijk zijn. Dan zijn de transportverliezen klein. Zie het rekenvoorbeeld bij 'Materialen en soortelijke weerstand'.



Fig. 1 Hoogspanningsleiding



Fig. 2 Kabel



Fig. 3 Elektrische waterkoker

De behuizing van elektrische apparaten moet van materialen zijn gemaakt met een erg hoge weerstand. Je wilt niet in contact komen met de delen waar elektrische spanning op staat, zie figuur 3.

### 1.1.3 Materialen en soortelijke weerstand

Weerstand wordt aangeduid met de letter R (resistance) en de eenheid met het teken  $\Omega$  (omega). In een elektrisch schema staat dan bijvoorbeeld:  $R = 100 \Omega$ . De 'soortelijke weerstand'  $\rho$  (rho) is de weerstandswaarde van materialen met een lengte van 1 m en een doorsnede van  $1 \text{ m}^2$  bij  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . De eenheid staat in  $\Omega\text{m}$  (lees: ohmmeter).



Materiaal	Soortelijke weerstand [ $\Omega\text{m}$ ]
Zilver	$16,1 \times 10^{-9}$
Koper	$16,7 \times 10^{-9}$
Aluminium	$27 \times 10^{-9}$
IJzer	$98 \times 10^{-9}$
Glas	$10^{12}$
Teflon	$10^{20}$

Tabel 1 Soortelijke weerstand van enkele materialen

Voor het bepalen van de weerstand van elektriciteitsdraad van gegeven lengte en doorsnede gebruik je de formule:

Van een hoogspanningskabel van aluminium met een lengte van 10 km en een diameter van 45 mm (afbeelding 2) is de weerstand 0,17  $\Omega$ . Bij een stroomsterkte van 1.000 A (ampère) is het verlies in dit stuk kabel 170 V (volt).

#### 1.1.4 Bepalen van weerstandswaarde (Wet van Ohm)

Weerstand meet je met een multimeter, zie Kenniskaart 'Multimeter'. Weerstand is ook te berekenen. In dat geval meet je de spanning U over de weerstand en de stroom I die er door loopt. Daarna deel je U door I (Wet van Ohm).

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad [\Omega]$$

Waarin:			
R	=	weerstand	[ $\Omega$ ]
$\rho$	=	de soortelijke weerstand	[ $\Omega\text{m}$ ]
l	=	lengte van draad	[m]
A	=	doorsnede	[ $\text{m}^2$ ]



Fig. 4 Gloeilamp

De Wet van Ohm geeft de relatie weer tussen spanning, stroom en weerstand:  $U = I \cdot R$  (spanning is stroom maal weerstand).

Stel, dat door de (gloeil)lamp in figuur 4 een stroom loopt van 0,3 A. Dan is de weerstand van de gloeidraad 766  $\Omega$  als deze is aangesloten op een netspanning van 230 V ( $230 = 0,3 \times 766$ ).

#### 1.1.5 Weerstand in elektrische schakelingen

In elektrische schakelingen vind je weerstanden van klein tot groot. Dat zijn behuizingen met twee (soms drie) aansluitingen. Het weerstandsmateriaal is gemaakt van koolstof of weerstandsdraad. In een elektrisch schema wordt een weerstand voorgesteld door een rechthoekje met twee aansluitdraden.





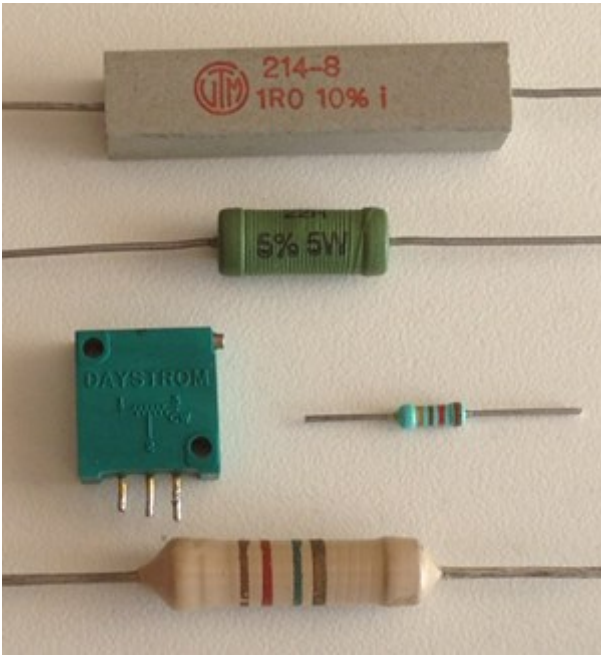


Fig. 5 Weerstanden



Fig. 6 Symbool

Bijvoorbeeld nodig in:

- Schakelingen om stroom te begrenzen;
- Schakelingen om spanning te delen (spanningsdeler);
- Elektrische apparaten om warmte op te wekken.

Als een LED (Light Emitting Diode) geen voorschakel-weerstand heeft, zal deze doorbranden omdat de stroom niet begrensd wordt.

Als je in een elektronische schakeling een spanning nodig hebt die niet direct beschikbaar is, maak je die bijvoorbeeld met een spanningsdeler, zie afbeelding 7. De uitgangsspanning is dan:

$$U_2 = U_1 \frac{R_b}{R_a + R_b} \text{ [V]}$$

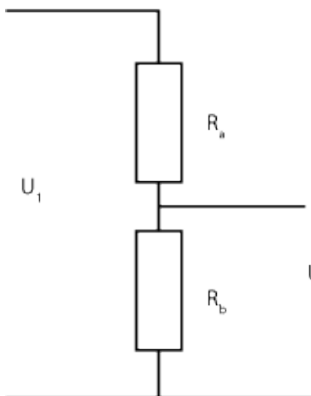


Fig. 7 Spanningsdeling

De waterkoker in figuur 3 verkrijgt zijn warmte doordat elektrische stroom door het element stroomt. Dat element is een draadgewonden weerstand van hittebestendig materiaal met een hoge soortelijke



weerstand. Als daar elektrische stroom door loopt, wordt toegevoerde elektrische energie omgezet in warmte.

### 1.1.6 Serie- en parallelschakeling van weerstanden

In een serieschakeling staan weerstanden 'achter elkaar'. Sluit je daarop een spanning  $U$  aan dan loopt er één stroom  $I$  door alle weerstanden ( $R_a$  en  $R_b$ ). Over elke weerstand staat een deelspanning die bepaald wordt door de grootte van de stroom en de weerstandswaarde. De som van de deelspanningen is gelijk aan de spanning  $U$ .

Stel, een serieschakeling moet vervangen worden door een schakeling met één weerstand. Voorwaarde is dat de stroom dezelfde moet zijn als die bij de serieschakeling. In zo'n geval bepaal je de vervangingsweerstand  $R_v$ , zie figuur 9. De vervangingswaarde van een serieschakeling is gelijk aan de som van de in serie geschakelde weerstanden.

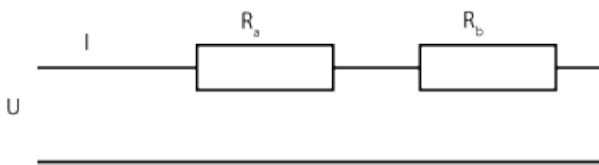


Fig. 8 Serieschakeling

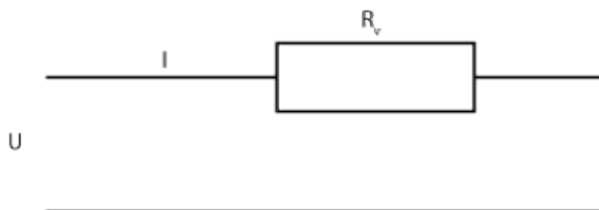


Fig. 9 Vervangingsweerstand

In formule:  $R_v = R_a + R_b + \dots [\Omega]$

In een parallelschakeling staan weerstanden 'naast elkaar'. Als een parallelschakeling op een spanning wordt aangesloten, staat deze spanning over alle weerstanden. Door elke weerstand loopt een deelstroom die bepaald wordt door de grootte van de spanning en de weerstandswaarde. De som van deze deelstromen is gelijk aan de totale stroom  $I$ .

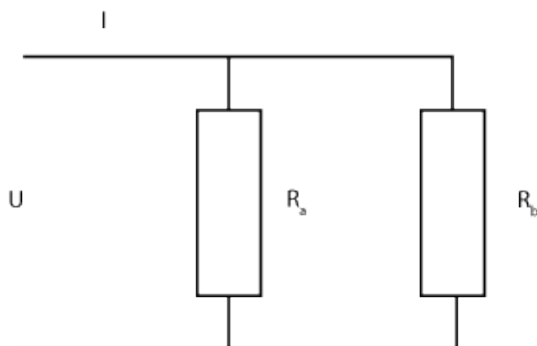


Fig. 10 Parallelschakeling

De vervangingswaarde van een parallelschakeling is gelijk aan de som van de inverse weerstandswaarden.



In formule:  $\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_b} + \dots$  [ $\Omega$ ]

Bijvoorbeeld: Weerstand  $R_a = 30 \Omega$  en  $R_b = 60 \Omega$ . Dan is  $R_v = 20 \Omega$ , want:

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{30} + \frac{1}{60}$$

In een parallelschakeling is  $R_v <$  kleinste weerstand!

### 1.1.7 Bijzondere weerstanden

Weerstanden zijn er in veel variaties, zoals:

- LDR (Light Dependent Resistor) = weerstand is afhankelijk van hoeveelheid opvallend licht;
- VDR (Voltage Dependent Resistor) of Varistor = weerstand is afhankelijk van elektrische spanning;
- NTC (Negative Temperature Coëfficiënt) = weerstand wordt kleiner bij toenemende temperatuur.

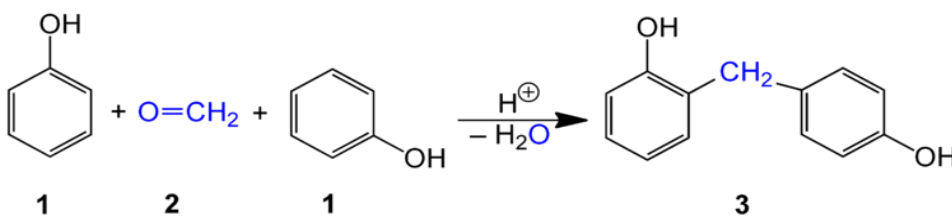
Bakkeliet

#### Technische gegevens

- Thermoharder
- Dichtheid  $1,28 \text{ g/cm}^3$
- Zeer goede isolator:
- Lage elektrische geleidbaarheid
- Hoge doorslagspanning (in de orde van  $20 \text{ kV/mm}$ )
- Bestand tegen temperaturen tot  $300$  graden Celsius
- Vrijwel niet brandbaar

#### Productieproces

Bakeliet wordt vervaardigd door de monomeren fenol (1) en formaldehyde (2) onderling te laten reageren, met een zuur als katalysator:



Fenol is een benzeenderivaat (een aromatisch alcohol) en formaldehyde bezit een carbonylgroep. Deze heteroatomaire dubbele binding bevat meer energie dan een enkelvoudige en is dus reactiever. Als deze twee stoffen samengevoegd worden, dan zal de dubbele binding van de formaldehyde openbreken. Het O-atoom zal reageren met twee H-atomen van de benzeenmoleculen en vormt zo water. Het gedeelte van het formaldehyde-molecule dat overblijft - formeel een  $\text{CH}_2$ -eenheid - wordt via de twee vrije valentie-elektronen op het koolstofatoom gebonden tussen 2 fenolmoleculen.

Dit proces is een polycondensatie omdat er een polymeer wordt gevormd door combinatie van twee kleinere moleculen onder afsplitsing van een ander (water in dit geval).



## Toepassingen



Fig. 11 Radiotoestel



Fig. 12 Lampen

Een radiotoestel met bakelieten behuizing (zie figuur 11). Bakeliet kent talloze toepassingen, zoals:

- A. Tussenlaag in geleiders als elektrische isolatie, bijvoorbeeld bij de stroomleidingen boven de treinsporen
  - B. Hittebestendige handvatten, bijvoorbeeld bij pannen
  - C. Doppen en deksels van vele verschillende levensmiddelen- en chemicaliëncontainers en medicijnflessen
  - D. Handvatten van gebruiksvoorwerpen, zoals scheermessen en scheerdozen
  - E. Bekasting van elektrische apparaten, zoals telefoons, radio's en haardrogers
- 78-toeren grammofoonplaten

## Vragen

1. Wat is de weerstand van de elektromotor voor luchting?
2. Wat is de totale minimale weerstand van de klimaatcomputer?
3. Waarom wordt zilver niet verwerkt in kabels?
4. Wat was het materiaal van een zwarte bakelieten wandcontactdoos?
5. Wat is het materiaal van een wit gekleurde stop?

## 1.2 Vermogen

Vermogen is een natuurkundige grootheid voor de energie (arbeid) per tijdseenheid. De SI-eenheid voor vermogen is de watt. Men leest dan ook vaak het formeel onjuiste wattage in plaats van het officieel correcte vermogen.

Een andere bekende, maar verouderde, eenheid voor vermogen is de paardenkracht. Dat is oorspronkelijk het vermogen benodigd om een massa van 75 kg omhoog te trekken met een snelheid van een meter per seconde. Dit vermogen varieert met de zwaartekrachtversnelling, en dus met de plaats op aarde. Meestal rekent men een pk als 736 watt.

### 1.2.1 Definitie van vermogen

Het vermogen is gedefinieerd als de opgewekte of verbruikte hoeveelheid energie per tijdseenheid. In formulevorm:



$$\text{vermogen} = \frac{\text{arbeid}}{\text{tijdsduur}}$$

oftewel:

$$P = \frac{dW}{dt}$$

waarin:

P: het vermogen, in Watt

W: de arbeid, in Joule

t: de tijd, in seconden

### 1.2.2 Mechanica

In de mechanica geldt:

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

waarin:

$\vec{F}$  de kracht is, in newton

$\vec{v}$  de snelheid is, in m/s

en

$$P = \vec{T} \cdot \vec{\omega}$$

waarin:

$\vec{T}$  het koppel is, in Nm

$\vec{\omega}$  de hoeksnelheid is, in rad/s

### 1.2.3 Stromingsleer

In de stromingsleer geldt:

$$P = Q C_v (T_2 - T_1) \rho$$

waarin:

Q: het debiet, in m<sup>3</sup>/s

C<sub>v</sub>: de soortelijke warmte, in J/kg/K

T<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>: de temperatuursverandering in de tijd, in Kelvin

$\rho$ : de dichtheid, in kg/m<sup>3</sup>



### 1.2.4 Hydraulica

In de hydraulica wordt mechanisch vermogen omgezet in hydraulisch vermogen (pomp) en andersom (motor). Het hydraulisch vermogen bedraagt:

$$P = Q \cdot \Delta p$$

waarin

$Q$  = debiet in  $\text{m}^3/\text{s}$

$\Delta p$  = het drukverschil in Pascal.

### 1.2.5 Elektriciteitsleer

#### Momentane vermogen

Als een bron van elektrische energie op het tijdstip  $t$  een elektrische stroom  $i(t)$  levert bij een elektrische spanning  $u(t)$ , is het momentane vermogen  $p(t)$  dat de bron levert:

$$p(t) = u(t)i(t).$$

#### Werkelijk vermogen

Het werkelijke vermogen, ook werkzame of actieve vermogen, is het vermogen dat gedissipeerd wordt in de ohmse component van de impedantie in het circuit. Het werkelijke vermogen wordt uitgedrukt in de eenheid watt (W).

#### Gelijkstroom

Is de bron een gelijkstroombron, dan zijn spanning en stroom constant:

$$u(t) = U_{\text{en}} \quad i(t) = I$$

en is het momentane vermogen gelijk aan het werkelijke vermogen  $P$

$$P = p(t) = U \cdot I.$$

Dit vermogen wordt ontwikkeld in de ohmse weerstand  $R$  in het circuit. Volgens de wet van Ohm geldt:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 R.$$

Periodieke wisselstroom is de bron een periodieke wisselspanningbron met spanning

$$u(t) = U \cos(\omega t),$$

en is  $Z = R + jX$  de totale impedantie in het circuit, dan is de stroomsterkte

$$i(t) = I \cos(\omega t - \varphi),$$

waarin  $\varphi$  het faseverschil is tussen de spanning en de stroom als gevolg van de niet-ohmse (reactieve) component van de impedantie.



Voor de momentane stroomsterkte geldt:

$$i(t) = I \cos(\omega t - \varphi) = I (\cos(\varphi) \cos(\omega t) + \sin(\varphi) \sin(\omega t)) = i_w(t) + i_b(t).$$

Daarin is

$$i_w(t) = I \cos(\varphi) \cos(\omega t)$$

de actieve stroomsterkte en

$$i_b(t) = I \sin(\varphi) \sin(\omega t)$$

de stroomsterkte van de zogeheten blindstroom. Het is deze blindstroom, die weliswaar in het circuit loopt, maar  $90^\circ$  in fase verschilt met de spanning en dus niet bijdraagt aan het werkelijk ontwikkelde vermogen. De blindstroom wordt a.h.w. niet gezien, vandaar de naam. En een gebruiker neemt dit vermogen ook niet af, omdat het periodiek wordt opgenomen en weer afgestaan. De blindstroom is de stroom ten gevolge van de reactieve componenten in het circuit. De capaciteiten in het circuit worden periodiek geladen en weer ontladen, en de aanwezige zelfinducties bouwen periodiek een magneetveld] op en breken het weer af.

### Momentane vermogen

Het momentane vermogen kan uitgedrukt worden als:

$$p(t) = u(t)i(t) = u(t)(i_w(t) + i_b(t)) = p_w(t) + p_b(t),$$

opgebouwd uit het momentane werkelijke vermogen

$$p_w(t) = u(t)i_w(t) = U \cdot I \cos(\varphi) \cos^2(\omega t) = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi) (1 + \cos(2\omega t)),$$

variërend met de dubbele frequentie tussen de minimale waarde 0 en de maximale waarde

$$U \cdot I \cdot \cos(\varphi) = 2 U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi),$$

en het momentane blindvermogen

$$p_b(t) = u(t)i_b(t) = U \cdot I \cos(\omega t) \sin(\varphi) \sin(\omega t) = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\varphi) \sin(2\omega t),$$

periodiek wisselend met de dubbele frequentie en amplitude

$$\frac{1}{2} U \cdot I \cdot \sin(\varphi) = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\varphi).$$

### Werkelijk vermogen

Het werkelijke vermogen  $P$  is het gemiddeld gedissipeerde vermogen in de ohmse component  $R$  van de impedantie:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) R dt = \frac{I^2 \cdot R}{T} \int_0^T \cos^2(\omega t - \varphi) dt = \frac{I^2 \cdot R}{2} = I_{\text{eff}}^2 \cdot R = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi)$$

Er geldt immers:



$$R = \Re(Z) = \frac{U}{I} \cos(\varphi)$$

De grootheden

$$U_{\text{eff}} = \frac{U}{\sqrt{2}} \quad I_{\text{eff}} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

zijn de effectieve waarden van de spanning en de stroom.

Het werkelijke vermogen  $P$  is ook het gemiddelde van het momentane vermogen, of equivalent van het momentane werkelijke vermogen, over een periode  $T$ :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p_w(t) dt = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi) \int_0^T (1 + \cos(2\omega t)) dt = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi)$$

Zowel de actieve stroom als de blindstroom dragen bij aan het werkelijke vermogen en wel als de som van hun afzonderlijk ontwikkelde vermogens. Er geldt immers:

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) R dt = \frac{1}{T} \int_0^T (i_w(t) + i_b(t))^2 R dt = \frac{1}{T} \int_0^T (i_w^2(t) + i_b^2(t) + 2i_w(t)i_b(t)) R dt = \\ &= \frac{1}{T} \int_0^T i_w^2(t) R dt + \frac{1}{T} \int_0^T i_b^2(t) R dt = P \cos^2(\varphi) + P \sin^2(\varphi) \end{aligned}$$

want

$$\frac{1}{T} \int_0^T i_w(t) i_b(t) dt = 0$$

De energie verbonden met het door de blindstroom gedissipeerde vermogen  $P \sin^2(\varphi)$  gaat nutteloos verloren.

### Schijnbaar vermogen

De effectieve waarden  $U_{\text{eff}}$  en  $I_{\text{eff}}$  van respectievelijk de spanning en de stroomsterkte suggereren dat in het circuit een vermogen

$$S = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$$

ontwikkeld wordt. Dit is echter maar schijn omdat er tussen de spanning en de stroom (mogelijk) een faseverschil bestaat. De grootheid  $S$  heet daarom schijnbaar vermogen. Om duidelijk te maken dat het slechts een schijnbaar vermogen is, wordt het niet uitgedrukt in watt, maar in de eenheid voltampère (VA).

### Blindvermogen

De blindstroom  $i_b(t) = I \sin(\varphi) \sin(\omega t)$  geeft aanleiding tot het momentane blindvermogen





$$p_b(t) = u(t)i_b(t) = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\varphi) \sin(2\omega t),$$

een vermogen dat gedurende een halve periode door de bron geleverd wordt en gedurende de andere halve periode aan de bron terug geleverd wordt, met gemiddeld over een periode de waarde 0. De amplitude van dit vermogen

$$Q = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\varphi)$$

wordt het blindvermogen of reactieve vermogen genoemd. Het is een maat voor de verliezen die de bron lijdt in de inwendige weerstand, inclusief de toevoerleidingen, en waarvoor de bron in principe geen vergoeding krijgt. Ook het blindvermogen wordt niet uitgedrukt in watt, maar in de speciaal daarvoor bestemde eenheid voltampère reactief (VAr).

### 1.2.6 Voorbeeld

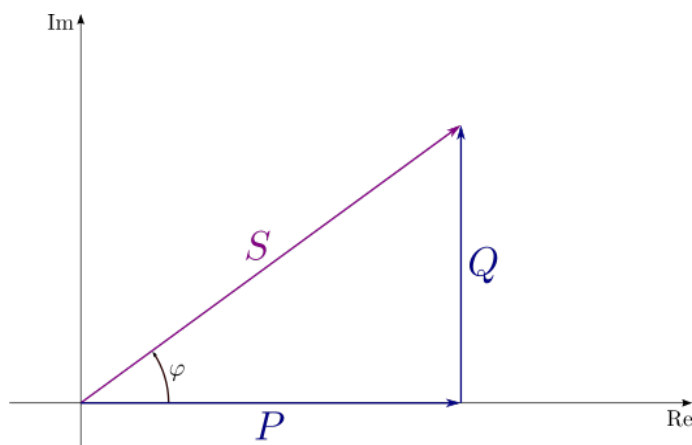
In ondergrondse kabels is de afstand tussen de aders klein, zodat ze een tamelijk grote capaciteit vertegenwoordigen. Zo heeft de ca. 11,5 km lange 380-kV-Transversale Berlin, een grotendeels ondergrondse kabel in het stadsgebied van Berlijn, een capaciteit van 2,2  $\mu\text{F}$ . Bij 50 Hz loopt daardoor een blindstroom van effectief ca. 263 A in het circuit. Het bijbehorende deel van het blindvermogen is ca.  $0,380 \times 263 \approx 100$  MVA<sub>r</sub>. In de praktijk is daardoor de zinvolle lengte van een ondergrondse kabel tot ongeveer 70 km beperkt.

### 1.2.7 Arbeidsfactor

Niet al het schijnbaar ontwikkelde vermogen, uitgedrukt door het schijnbare vermogen  $S = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$ , wordt omgezet in arbeid en/of warmte, maar slechts het deel werkelijk vermogen

$P = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos(\varphi)$ . De verhouding tussen werkelijk vermogen en schijnbaar vermogen,  $\cos(\varphi)$ , wordt de arbeidsfactor genoemd.

### Complex vermogen



Het complexe vermogen  $S$  is de vectorsom van het werkelijke vermogen  $P$  en het blind vermogen  $Q$ . Het schijnbare vermogen is de grootte  $S$  van het complexe vermogen. De hoek  $\varphi$  is de fase hoek tussen spanning en stroom.



De stroom kan opgebouwd gedacht worden uit de werkelijke stroom, die in fase is met de spanning, en de blindstroom, die 90° in fase verschilt met de spanning. Het is daarom gebruikelijk het vermogen voor te stellen als een vector  $S_c$  in het complexe vlak met als componenten het werkelijke vermogen  $P$  langs de reële as en het blindvermogen  $Q$  langs de imaginaire as. Het complexe vermogen is dus gedefinieerd als:

$$S_c = P + jQ = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot (\cos(\varphi) + j \sin(\varphi)) = S e^{j\varphi}$$

Het schijnbare vermogen

$$S = |S_c| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

is de absolute waarde van het complexe vermogen.

De volgende grootheden met symbool en eenheden met symbool moet je leren.

grootheid en symbool		eenheid en symbool	
spanning	U	Volt	V
stroomsterkte	I	Ampère	A
weerstand	R (Engelse Resistance)	Ohm	$\Omega$
vermogen	P (Engelse Power)	Watt	W
energie	E	Wattuur	Wh
tijd	t	uur	h (Engelse hour)

De volgende formules uit je BINAS hoef je niet uit je hoofd te leren. Je moet ze wel kunnen gebruiken.

Ohm  $U = IR$

Vermogen elektrische stroom  $P = UI = I^2R$

Energie elektrische stroom  $E = Pt$

Stroomsterkte bij:

Serieschakeling:  $I_{\text{tot}} = I_1 = I_2 = \dots$

Parallelschakeling  $I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + \dots$

Spanning bij:



Serieschakeling:  $U_{\text{tot}} = U_1 + U_2 + \dots$

Parallelschakeling  $U_{\text{tot}} = U_1 = U_2 = \dots$

Vervangingsweerstand bij:

Serieschakeling  $R_{\text{tot}} = R_1 + R_2 + \dots$

Parallelschakeling  $\frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

1. Een stofzuiger werkt op het lichtnet (230V). Er loopt dan 5 A door.

Bereken de weerstand.

Antwoord:  $U = I \cdot R \rightarrow 230 = 5 \cdot R \rightarrow R = 230/5 = 46 \Omega$

Door een lampje van  $100 \Omega$  loopt 15 mA. Bereken de spanning waarop het lampje is aangesloten.

2. Een gewone gloeilamp (lamp 1) werkt op 230 V en een autolamp (lamp 2) werkt op 12 V.

Beide lampen zijn 40 W.

- Bereken door welke lamp de grootste stroom loopt.
- Bereken welke lamp de grootste weerstand heeft.

Iemand wil een elektrische kachel (230 V, 4000 W) thuis aansluiten op het lichtnet waarin een zekering van 16 A is opgenomen. Ga na of dat kan.

3. Een elektrische kachel van 500 W wordt 4 uur lang op het lichtnet aangesloten (230 V).

1 kWh kost € 0,12.

- Bereken hoeveel energie het lichtnet heeft geleverd.
- Bereken hoeveel je aan het energiebedrijf moet betalen.

4. Iemand wil het vermogen van een elektrisch apparaat bepalen. Hij leest eerst de kWh-meter stand af en vindt dan 5789,5 kWh. Nu sluit hij het apparaat aan en na 30 minuten is de meterstand 5790,7 kWh.

Bereken het vermogen van het apparaat.

5. Een lamp van  $75 \Omega$  staat aangesloten op 230 V.

Bereken het vermogen van dit apparaat.

6. Op een elektrisch apparaat staat gedrukt 230 V en 40 W. Je sluit dit apparaat aan op een spanning van 115 V. We nemen aan dat de weerstand hetzelfde blijft.

Bereken hoe groot het vermogen bij 115 V zal zijn.

7. Thuis heb je zekeringen van elk 16 A.

- Bereken hoeveel lampen van 230V, 100 W je tegelijkertijd kunt aansluiten op één



- zekering.
- b. Je gaat twee weken met vakantie en laat al die lampen aanstaan. Hoeveel gaat die stommititeit je kosten? 1 kWh kost € 0,12.

### 1.3 Transformator

Magnetische flux ( $f$ ) is een maat voor het aantal magnetische veldlijnen dat door de dwarsdoorsnede  $A$  van een spel gaat. De flux zelf wekt geen spanning op ( $U_{ind} = 0$ ), maar de fluxverandering ( $\Delta f$ ) binnen een spel veroorzaakt wel een inductiespanning ( $U_{ind}$ ). Deze fluxverandering is op de volgende manier op te wekken: een permanente magneet wordt naar een spoel toe, of van een spel af bewogen. Een andere manier is de magneet te draaien.

De grootte van de flux bereken je als volgt:

$$f = B \times A \times \cos a$$

- $f$  Magnetische flux in Wb  
 $B$  Magnetische inductie in Tesla  
 $A$  Oppervlakte dwarsdoorsnede spoel in  $m^2$   
 $\cos a$  Hoek tussen de lengte- as van de spoel en de veldlijnen

Zoals gezegd levert een verandering van de magnetische flux een inductiespanning over de spoel.

De inductiespanning bereken je als volgt:

$$U_{ind} = N \times (\Delta f / \Delta t)$$

- $U_{ind}$  Inductiespanning in V  
 $N$  Aantal windingen  
 $\Delta f$  Fluxverandering in Wb  
 $\Delta t$  Tijdsverandering in sec.

Als een Noordpool een spoel nadert is er een toename van de flux, de inductiestroom in de spoel veroorzaakt een tegen flux (het naderen van de Noordpool wordt tegengewerkt). Wanneer de magneet weer van de spoel af beweegt veroorzaakt de inductiestroom een "meeflux" (de stroomrichting is omgekeerd). De spoel werkt als een spanningsbron, buiten de bron loopt de stroom van + naar -, buiten de bron is dit andersom. De stroomrichting van de spoel vind je wederom m.b.v. de rechterhandregel.

#### Werking van een dynamo

Wisselspanning

Een wisselspanning heeft als kenmerk een frequentie en een topwaarde ( $U_{max}$ ). De tijdsduur van één volledige spanningsgolf is de periode ( $T$ ).

De frequentie bereken je als volgt:

$$f = 1/T$$



f Frequentie in Hz

T Periode in s

In een wisselspanningsmeter wordt de wisselspanning omgezet in een pulserende gelijkspanning, de meter geeft dan een constantie uitslag. Deze uitslag noemen we de effectieve waarde ( $U_{eff}$ )

het dynamorendement bereken je als volgt:

$$h = P_e/P_m$$

$P_e$  Elektrisch vermogen in W (=  $U_{eff} \times I_{eff}$ )

$P_m$  Mechanisch vermogen in W (=W/t)

### Opbouw dynamo

- Rotor: de rotor is het draaiende gedeelte van de dynamo de rotor bestaat uit een draaiax met een spoel.
- Stator: de stator is het stilstaande gedeelte van de dynamo de stator bestaat uit een permanente magneet of een elektromagneet, en levert het magnetisch veld dat nodig is voor het opwekken van een inductiespanning.
- Collector: de collector zorgt voor het contact tussen de rotorspoel en een stroomkring.

#### 1.3.1 De transformator

Voor het lager of hoger maken van een wisselspanning (onmogelijk bij gelijkspanning) gebruikt men een transformator. Deze bestaat uit:

- Een primaire spoel
- Een secundaire spoel
- Een gesloten weekijzeren kern

De werking van een transformator is het makkelijkst te begrijpen d.m.v. een formule.

Deze formule is als volgt:

$$U_p/U_s = N_p/N_s$$

$U_p/s$  Spanning over de primaire en secundaire spoel in V

$N_p/s$  Aantal windingen primaire en secundaire spoel

In een transformator wordt altijd een deel van het elektrisch vermogen omgezet in warmte, dit percentage is klein. Voor een ideale transformator ( $h=100\%$ ) geldt de volgende formule:

$$U_p \times I_p = U_s \times I_s$$

$U_p/s$  Spanning in V

$I_p/s$  Stroomsterkte in A

Voor de mensen die toch het vermogensverlies willen berekenen is er de volgende formule:

Vermogensverlies in een kabel ( $P_e$ ) =  $I^2 \times R_k$



### 1.3.2 Toepassingen van een transformator

Een transformator bestaat uit twee of meer spoelen, die zich in elkaars magnetisch veld bevinden. Soms zijn de spoelen uitgevoerd als één wikkeling met aftakkingen.

### 1.3.3 De hoogspanningstransformator

Dit wordt ook wel een nettransformator genoemd. Deze transformatoren dienen voor het verhogen en verlagen van de netspanning om het transport van elektriciteit via hoogspanning mogelijk te maken.

### 1.3.4 De scheidingstransformator

Het elektriciteitsnet kent een nuldraad, die met de aarde verbonden is, en een fasedraad. Op deze laatste draad staat de elektrische spanning. De nuldraad is te herkennen aan de blauwe kleur. De fasedraad is bruin. Aanraken van de fasedraad is dus levensgevaarlijk, omdat op dat moment tussen u en de aarde 230 V staat. De optredende stroom kan dodelijk zijn. In sommige situaties is dus het direct aansluiten van apparatuur op het lichtnet gevaarlijk. Denk hierbij aan vochtige plaatsen.

De scheidingstransformator heeft een overzetverhouding van 1:1. Het enige doel hiervan is een scheiding aan te brengen tussen het net en de aangesloten apparatuur. Er is op die manier geen direct contact tussen de stroomdraad van het net en die van de apparatuur. Dat is veiliger, bijvoorbeeld bij scheerstopcontacten in badkamers. Wanneer nu per ongeluk contact gemaakt wordt met een van de draden, gebeuren er geen ongelukken. Het vermogen is meestal gering en er zit een beveiliging tegen overbelasting ingebouwd.

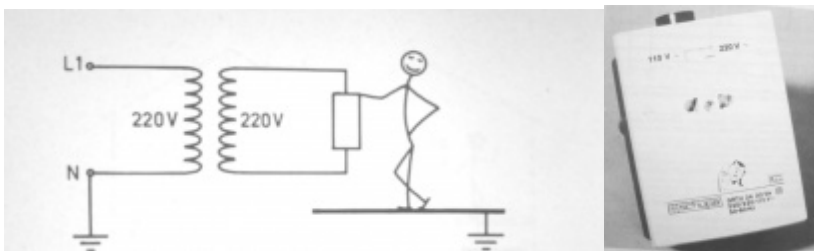


Fig. 13

### 1.3.5 De veiligheidstransformator

Deze levert een spanning van 24 V of 42 V en wordt gebruikt voor het voeden van looplampen (24 V) of elektrisch handgereedschap (42 V). De veiligheid zit in de lage spanning en in de zeer deugdelijke isolatie. Bovendien heeft het apparaat aan de buitenkant geen metalen delen, die onder spanning zouden kunnen komen. Als veilige spanning voor mensen worden spanningen tot 42 V gerekend en voor dieren tot 24 V.





Fig. 14

### 1.3.6 De regelbare transformator

Deze wordt ook wel Variac genoemd. Met een sleepcontact kan een willekeurig deel van de secundaire spoel ingeschakeld worden. Hierdoor is het mogelijk zeer lage tot zeer hoge spanningen uit de secundaire spoel te krijgen. Dit soort transformatoren wordt toegepast in regelbare voedingen in bijvoorbeeld natuurkundelokalen en bij toneelverlichting.

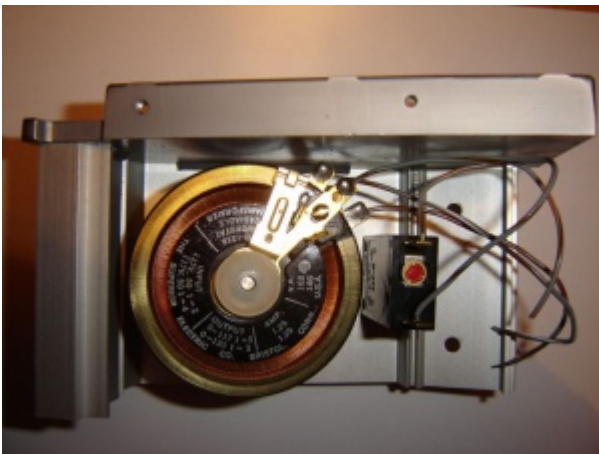


Fig. 15 Een opengewerkte variabele transformator.

### 1.3.7 De voeding

De meeste elektronische apparatuur werkt op andere spanningen dan die door het lichtnet geleverd wordt. Een transformator moet dan de juiste spanning geven. Dit wordt de voeding van het apparaat genoemd. Aangezien de weekijzeren kern van de transformator nogal wat weegt, wordt een groot deel van het gewicht van het apparaat dus veroorzaakt door de voeding. Omdat een goede voeding duur is, wordt door de fabrikant nogal eens bezuinigd op het aantal voedingen dat nodig is. In audiotorens zit dan maar één voeding. Hierdoor wordt de apparatuur goedkoper, maar natuurlijk kwalitatief ook minder.





Fig. 16 Voeding transformator.

- Op het internet via <http://www.youtube.com> - intikken 'transformator' wordt via een presentatie uitgelegd hoe de transformator werkt.
- Op het internet via <http://www.youtube.com> - intikken 'natuurkunde demonstratieproef - werking transformator' zie je uitgelegd hoe de transformator werkt.
- Op de volgende internetsite staan twee toetsen.  
<http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w3G%20magnetisme/magnetisme%20toetsen.pdf>

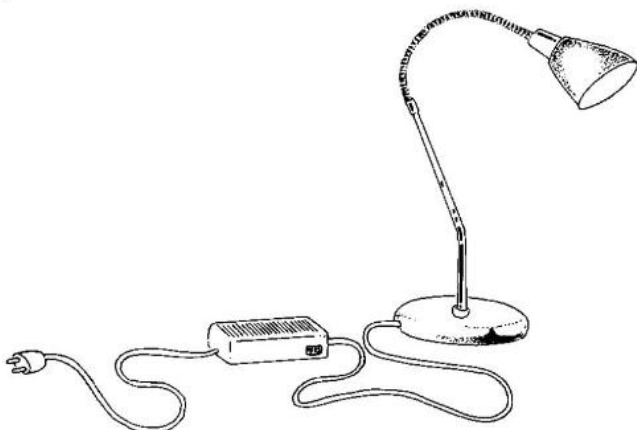
### 1.3.8 Vragen

Vaak staan bij glastuinbouwbedrijven met assimilatiebelichting één of meer transformatiehuizen.

1. Wat is de ingaande stroomsterkte (A) en uitgaande stroomsterkte (A)?
2. Wat is de ingaande spanningssterkte (V) en de uitgaande spanningssterkte (V)?
3. Wat zijn de spanningssterkten (V) in een glastuinbouwbedrijf

### 1.3.9 Opgave

Een bureaulamp is via een transformator aangesloten op de netspanning. Zie de afbeelding hieronder. In deze bureaulamp zit een halogeenlamp (12 V; 50 W).



A. Bereken de topwaarde van de stroomsterkte in deze lamp.

De stroomsterkte wordt gegeven door  $I = P/U = 50/12 = 4,2$  A.

Dit is de gemiddelde stroom, maar het is wisselspanning, dus de topstroomsterkte is  $I = 2^{0,5} \cdot 4,2 = 5,9$  A.





De spoelen van de transformator worden warm als de lamp brandt.  
 Op de transformator staat de hieronder weergegeven tekst.  
 De windingen van de primaire (PR) en de secundaire (SEC) spoel zijn van hetzelfde materiaal gemaakt.  
 De dikte van de draad is voor beide spoelen gelijk.  
 Ook de lengte van de draad per winding is voor beide spoelen gelijk.  
 De hoeveelheid warmte die in een draad wordt ontwikkeld, is evenredig met  $R \cdot I^2$ .



Fig. 17

B. Bereken de verhouding tussen de hoeveelheid warmte die in de primaire en de warmte die in de secundaire spoel ontwikkeld wordt.

De primaire spanning is  $230/12 = 19$  keer zo groot als de secundaire spanning. Dus de het aantal windingen van de primaire draad is 19 keer zo groot als die van de secundaire draad.

De weerstand van een draad is evenredig met zijn lengte, dus de weerstand van de primaire draad is 19 keer zo groot als die van de secundaire draad.

De stroomverhouding is precies andersom, vanwege het constante vermogen en  $P = U \cdot I$ .

De warmteontwikkeling is evenredig met  $R \cdot I^2$ , dus die is  $19 \cdot (1/19)^2 = 1/19$  keer zo groot in de primaire draad als in de secundaire draad.

In de tekst van de transformator staat een voorschrift voor de maximale lengte van een snoer aangegeven: "L USCITA MAX mt 2".

C. Beredeneer met behulp van het begrip 'spanningsverlies over de draad' dat de beperking van de lengte van het snoer geldt voor de secundaire kant van de transformator.

Omdat door de secundaire stroomkring meer stroom loopt, zal het spanningsverlies daar groter zijn (per meter).

Verder maakt het spanningsverlies daar verhoudingsgewijs meer uit, vanwege de lagere spanning.



## 1.4 Schakelingen (Serie- en parallelschakelingen)

- Op het internet via <http://www.youtube.com> - intikken 'elektriciteit - serie en parallel' wordt de theorie over serie - en parallelschakelingen in een elektrisch circuit wordt uitgelegd.
- Op het internet via <http://www.youtube.com> - intikken 'elektriciteit video les 4-1 "weerstand serie en parallel" stroom en spanning 1 & 2 van 5' wordt de theorie over serie - en parallelschakelingen in een elektrisch circuit wordt uitgelegd.

### 1.4.1 Serieschakeling

In een serieschakeling zijn de componenten zo geschakeld dat de stroom achtereenvolgens door alle componenten gaat. In iedere component geeft de stroom een deel van de energie af.

#### Stroomsterkte

Doordat de stroom maar één weg kan volgen is in een serieschakeling de stroomsterkte overal even groot. De hoofdstroom ( $I_H$ ) is gelijk aan de stroom door iedere component ( $I_1$ ,  $I_2$  en  $I_3$ ):

$$I_H = I_1 = I_2 = I_3$$

De grootte van de stroomsterkte wordt bepaald door de totale weerstand van de schakeling.

#### Spanning

Door de spanningsbron wordt energie aan de stroom meegegeven. Deze energie wordt over de verschillende componenten verdeeld. Alle spanningen over de componenten ( $U_1$ ,  $U_2$  en  $U_3$ ) bij elkaar opgeteld zijn gelijk aan de spanning die de bron levert, de bronspanning ( $U_B$ ):

$$U_B = U_1 + U_2 + U_3$$

De spanning over een component hangt af van de weerstand en is te berekenen met de formule van Ohm,  $U = I \times R$ . Alleen als de componenten gelijk aan elkaar zijn wordt de spanning gelijkmatig verdeeld. In alle andere gevallen staat over de componenten met de grootste weerstand, de grootste spanning.

### 1.4.2 Parallelschakeling

In een parallelschakeling zijn de componenten zo geschakeld dat de stroom verdeeld wordt over de verschillende componenten. In iedere component geeft de stroom al haar energie af.

#### Stroomsterkte

Doordat de stroom verdeeld wordt over de verschillende parallelle takken zijn de stroomsterktes door de componenten ( $I_1$ ,  $I_2$  en  $I_3$ ), bij elkaar opgeteld gelijk aan de hoofdstroom ( $I_H$ ):

$$I_H = I_1 + I_2 + I_3$$

De stroomsterkte door een component wordt bepaald door de spanning en de weerstand. Iedere component die aan de parallelschakeling wordt toegevoegd zorgt er voor dat de hoofdstroom groter wordt. Alleen als de componenten gelijk aan elkaar zijn wordt de stroom gelijkmatig verdeeld. In alle andere gevallen gaat door de componenten met de grootste weerstand, de kleinste stroomsterkte.



## Spanning

Iedere component is eigenlijk direct op de spanningsbron aangesloten. Daarom is de spanning over iedere component ( $U_1$ ,  $U_2$  en  $U_3$ ) gelijk aan de bronspanning ( $U_B$ ):

$$U_B = U_1 = U_2 = U_3$$

Op de internetsite wordt uitleg gegeven over elektriciteit o.a. serie - en parallelschakeling, voorzien met relevante vragen en opgaven.

[http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w3C%20elektriciteit%20\(deel%202\)/elektriciteit%20deel2%20theorie.pdf](http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w3C%20elektriciteit%20(deel%202)/elektriciteit%20deel2%20theorie.pdf)

1. Geef een voorbeeld van een serieschakeling. Teken deze schakeling.
  - a. Wat is het nadeel van deze schakeling.
2. Geef een voorbeeld van een parallelschakeling. Teken deze schakeling.
  - a. Wat zijn 3 voordelen van deze schakeling.
3. Geef een voorbeeld van een hotelschakeling. Teken deze schakeling.
  - a. Wat is hét voordeel van deze schakeling.

## 1.5 Materialenleer

Op deze internetsite staat relevante begrijpbare informatie (25 bladzijden) voor de basiskennis van eigenschappen van verscheidene materialen.

<http://www.natuurkunde.nl/servlet/supportBinaryFiles?referencelId=33&supportId=809439>

Op deze internetsite staat relevante begrijpbare informatie (68 bladzijden) voor de verwerking van ijzererts tot staal met vragen, opgaven en een zelftoets.

[http://www.alfabeter.com/bestanden/Algemeen/Jaar\\_1/reader\\_mat\\_p1ljr\\_1%5B1%5D.pdf](http://www.alfabeter.com/bestanden/Algemeen/Jaar_1/reader_mat_p1ljr_1%5B1%5D.pdf)

### Materialenleer 2

De internetsite via 'havo5 scheikunde fabricage kunststoffen' is in het boek NOVA scheikunde 5HAVO (blz. 80 t/m 130) relevante actuele informatie te lezen over de fabricage, de gevarieerde kunststoffen en de recycling. Hoofdstuk 9: Polymeren kan je lezen, maken en uitvoeren.



## 1.6 Armatuur

Een armatuur is de behuizing van de elektronica en/of elektrische componenten voor het veilig laten branden van een assimilatielamp.

### 1.6.1 Armaturen



Fig. 19

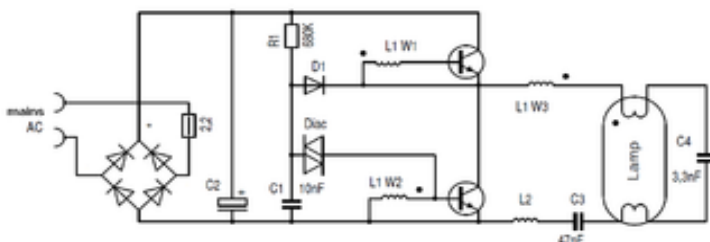
### 1.6.2 Reflectoren



Fig. 20

In een armatuur zitten enkele belangrijke onderdelen.

Een voorschakelapparaat is een inductieve weerstand of smoorspoel, waarbij de stroom door een assimilatielamp wordt begrensd zonder veel warmteverlies. De impedantie met toleranties moeten zo strak mogelijk tegen de nominale waarde liggen, dus voor het maximaal laten branden van de lamp.



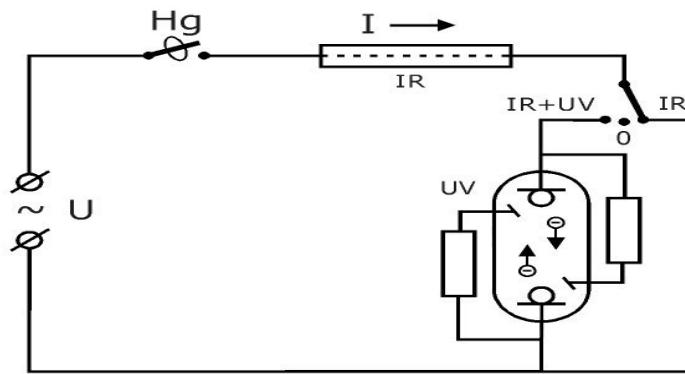


Fig. 21

Een ontsteker (starter) zorgt voor de start van het branden van een lamp. De lamp ontsteekt alleen bij een hoge spanningspiek, omdat in de bol het gasmengsel in een koude toestand een zeer hoge weerstand heeft. Als de lamp eenmaal brandt, schakelt de ontsteker zich automatisch uit. De starter kan in serie - of parallel geschakeld zijn in de armatuur.

Als de lamp defect is of armatuur zonder lamp is, blijft de starter steeds starten. Dit verkort natuurlijk de levensduur van de starter. Zorg dus voor een snelle vervanging van een kapotte lamp!

Om de gasontlading voort te brengen zijn de elektroden uitgevoerd als gloeidraad bedekt met emitteerpasta van bariumoxide. Deze pasta maakt het mogelijk dat elektronen bij matig tot hoge temperatuur uit de gloeidraad ontsnappen. Bij deze temperatuur gaat de gloeidraad veel langer mee dan die in een gloeilamp, en bovendien straalt hij minder warmtestraling uit. Wanneer de ontsnapte elektronen die naar de andere kant van de buis worden versneld tegen een natriumatoom botsen, wordt dat natriumatoom in aangeslagen toestand gebracht. Als een dergelijke aangeslagen atoom terugvalt naar de grondtoestand wordt daarbij een foton uitgezonden. De vrijkomende fotonen hebben een energie in het oranje-rode deel van het elektromagnetische spectrum en zijn dus voor het menselijk oog zichtbaar.

Een condensator vangt een minder gunstige eigenschap van een voorschakelapparaat op. Dit is het ontstaan van een faseverschuiving tussen de stroom door de lamp en de spanning over de lamp. Deze verschuiving wordt uitgedrukt in  $\cos \theta$ . De condensator beperkt de faseverschuiving en verhoogd dan ook het rendement met  $\pm 40\%$ . Een  $\cos \theta > 0,85$  ( $i$ =inductie) is de minimale voorgeschreven waarde door het Energiebedrijf. De arbeidsfactor is evenredig aan de faseverschuiving. Naarmate de arbeidsfactor kleiner dan 1 is, kan het Energiebedrijf minder actief vermogen leveren. Dit is nadelig omdat alleen het actieve vermogen bepalend is voor de nuttige actieve energie (kWh). De prijs per kWh actieve energie wordt hoger naarmate de gemiddelde arbeidsfactor kleiner is dan 0,8. Een hogere arbeidsfactor heeft steeds gunstige effecten. Een transformator kan dan meer actief vermogen afleveren, terwijl de stroomsterkte lager wordt om bij een bepaalde spanning een bepaald actief elektrisch vermogen over te brengen.

Een filterspoel voorkomt negatieve beïnvloeding van grote condensatoren in het openbare lichtnet op de assimilatiebelichtingsinstallatie.

Een assimilatielamp heeft geen lineaire karakteristiek. Een sinusvormige voedingsspanning (wisselspanning) geeft aanleiding tot een harmonische stroom. De stroom door de nullijn heeft een basisfrequentie = 150 Hz. Deze stroom is maximaal 0,33 deel van fasestroom. Bij assimilatiebelichting zijn de armaturen alleen aangesloten op een transformator. Bij deze eenzijdige aansluiting kan het gebeuren dat de harmonische stromen gaan resoneren (opslingering van energie). Dit is al meetbaar bij een hogere nulstroom dan de



fasestromen, gevolgd door oververhitting van de schakelpanelen vanwege een extra hoog opgenomen vermogen en verhoogde stroomkosten.

### 1.6.3 Typen lampen

Hogedrukkwiklampen werden vroeger gebruikt. Nu worden hogedruknatriumlampen (SON-T lamp) toegepast. Nieuw zijn de LED-assimilatieverlichtingsarmaturen waar in 2007 de eerste testen in de kassen mee gedaan zijn.

Het grote voordelen van LED-assimilatieverlichting:

- Veel lagere temperaturen
- Minder lichtvervuiling
- Geen stroompieken bij het inschakelen van de lamp
- Bijna geen blindstroom, wat gunstig is bij gebruik van een eigen WKK maar ook voor de leverancier van stroom
- Mogelijkheid voor gewasspecifieke belichting met verschillend lichtspectrum per gewassoort
- Langere levensduur van de lamp (50.000 uur versus 10.000 uur)

LED's zijn op dit moment (begin 2008) nog steeds minder energie efficiënt voor fotosynthese dan de hogedruknatriumlampen: de hoeveelheid PAR per watt van de beste LED's is nog steeds lager dan van hogedruknatriumlampen. De verwachting is dat dit door voortdurende ontwikkelingen in de LED-industrie binnen afzienbare tijd zal veranderen. Wel kan de warmte die LED's produceren door middel van waterkoeling worden opgevangen en afgevoerd en in theorie worden hergebruikt. Dit kan niet bij hogedruknatriumlampen. Het gaat hierbij wel om relatief laagwaardige warmte aangezien de optimale temperatuur voor LED's in de buurt van de 25 °C ligt.

Een assimilatielamp is een lamp die licht geeft door het oplichten van een gasmengsel dat opgewekt wordt door gasontlading in de lamp.

Een klassieke tl-buis kan niet zonder meer op het lichtnet aangesloten worden, maar vereist een aantal extra componenten in de vorm van een tl-starter bestaande uit een neonbuis met twee bimetaalelektroden en een ontstoringcondensator en een smoorspoel ofwel voorschakelapparaat. Beide zijn doorgaans verwerkt in de armatuur waarin de tl-buis geplaatst moet worden.

#### TL-buis

Als er spanning op een met starter en voorschakelapparaat geschakelde tl-buis gezet wordt, komt er een stroom door het neonbuisje (niet de lamp zelf) met bimetaal. Hierdoor begint het gas te gloeien en worden de bimetaalelektroden warm en trekken tegen elkaar aan, waarmee het neonlampje kortgesloten (en dus gedoofd) wordt. Nu gaat er een grote stroom door de gloeidraden in de buis lopen. De gloeidraden dienen om de emissiepasta op te warmen. Het neonlampje in de starter koelt af en de kortsluiting wordt weer verbroken. Ten gevolge van de zelfinductie van de smoorspoel in het voorschakelapparaat ontstaat er op dat moment van uitschakelen een spanningspiek van ongeveer 1000 V die de tl-buis doet ontbranden. Eenmaal ontstoken blijft de tl-buis branden, daar de elektroden door het ionenbombardement van de gasontlading en de stroom die door de elektroden loopt op temperatuur blijven. De spanning over de starter is nu zoveel lager dat die niet meer reageert.



Ontsteekt de tl-buis niet, dan wordt het proces herhaald. Een defecte tl-buis zal het starten steeds laten herhalen (knipperen, ook wel flikkeren genoemd), wat uiteindelijk ook tot een defect voorschakelapparaat en/of starter kan leiden. Als de starter stuk is, blijft de buis aan de einden rood gloeien. Is de tl-buis stuk, dan knippert de tl-buis of bij elektrodebreuk doet de tl-buis niets.

Tegenwoordig worden er vaak elektronische voorschakelapparaten toegepast. Deze zijn lichter en geven een beter rendement en flikkervrije ontsteking. Zo een apparaat zorgt zowel voor de start van de lamp als voor de stroombegrenzing van de werkende lamp.

De lichtopbrengst is onmiddellijk na inschakelen nog niet optimaal. Gedurende de eerste paar minuten neemt de hoeveelheid licht nog sterk toe.

Op de volgende internetsite staat een brochure over controle en onderhoud van de assimilatiebelichting.  
<http://www.hortisecur.nl/fileadmin/template/main/attribs/img/assimilatiebelichting.pdf>

#### **1.6.4 Vragen**

1. Welke componenten bevat een armatuur van een moderne 1000W assimilatielamp?
2. Wat zijn één nadeel en één voordeel van dit armatuur?
3. Wat is de juiste stroomsterkte voor deze lamp?
4. Wat wordt bedoeld met een faseverschuiving?
5. Wat is het belang van een geringe faseverschuiving?

### **1.7 Krachtstroom**

Sommige apparaten halen zoveel stroom uit het net dat de standaard 230 Volt niet zwaar genoeg is. Om deze apparaten toch te laten werken is dan de zogenaamde krachtstroom nodig. Een ander woord voor krachtstroom is draaistroom. Het spanningsniveau voor krachtstroom is 400 Volt.

Krachtstroom is de term die wordt gebruikt voor een elektrische aansluiting tussen twee of drie fasen van een driefasenenergiesysteem.

Sinds 1 juli 2011 is de 3-fase aansluiting van 3x25A bij nieuwe aansluitingen de nieuwe standaard. Deze aansluiting is voldoende voor alle huishoudens zonder extreem zware apparatuur.

#### **Wanneer is een verzwaring nodig?**

Bij het installeren van apparatuur met een hogere energiebehoefte dan waar de aansluiting voor geschikt is zoals jacuzzi's, sauna's, elektrisch koken of een elektrische warmtepomp.

Sommige huizen hebben nog een hele oude aansluiting van 1 x 35A of 1 x 40A. Dit is te weinig voor bijvoorbeeld een inductieplaat. Dit soort 1-fase aansluitingen bouwt een netbeheerder om naar een 3 fase aansluiting 3 x 25A (kan hoger indien gewenst).

#### **1.7.1 Krachtstroom, wat is dat?**

Bij de specificaties van elektrische apparaten zie je soms de term 'krachtstroom'. Is dat naast 'grijze stroom' en 'groene stroom' nog weer een ander soort extra sterke stroom? Waar kun je dat kopen? In dit artikelje zal ik proberen uit te leggen wat het is en wanneer wij dat eventueel nodig hebben.



### **'Normale' stroom**

De elektriciteit die we thuis gebruiken heeft een 'spanning' van 230 volt (voorheen was dat 220 Volt). Spanning alleen zegt nog niet zo veel. De stroomsterkte is ook van belang. Thuis is dat maximaal 16 Ampère. Volgens de wet van mijnheer Ohm levert ons dat een 'vermogen' van  $220 \times 16 = 3520$  Watt (Mijnheer Watt was een oude kennis van mijnheer Ohm).

Dat betekent dat we op 'normale' stroom geen zwaardere apparaten kunnen aansluiten dan circa 3 Kilowatt. Dat is genoeg voor bv een stofzuiger en een wasmachine, of 50 lampen van 60 Watt, etc etc. Een elektrische motor van circa 2 à 3 Pk wil ook nog wel maar dan houdt het op. Willen we zwaardere apparaten aansluiten dan komen we hieraan te kort. Je moet dan denken aan lasapparaten van circa 200 Ampère en meer of bijvoorbeeld grotere compressoren. In 'echte' werkplaatsen en fabrieken wordt daarom 'krachtstroom' gebruikt.

### **Drie fasen stroom**

Krachtstroom is geen ander soort stroom dan 'normale' stroom. Ik zal het eenvoudig proberen uit te leggen. In de centrales wordt alleen maar 'krachtstroom' opgewekt. Dat kan dus zowel 'schone' als 'vuile' stroom zijn afhankelijk van het soort centrale. Krachtstroom verschilt van normale stroom alleen in de wijze van aanleveren. Bij onze normale stopcontacten gaat dat door middel van twee draden. Een 'nul' draad en één 'spanningvoerende' draad. Die laatste noemen we meestal de 'fase'. Bij krachtstroom hebben we echter vier draden nodig. Wederom één 'nul' draad maar daarnaast drie 'spanningvoerende' draden (drie fasen). Het is dus alsof het apparaat op drie stroombronnen tegelijkertijd is aangesloten. Net zoals een zaklamp met drie batterijen het beter doet dan een zaklamp met 1 batterij krijgen we uit krachtstroom dus meer 'vermogen'. N.B. Zowel bij een 'normaal' stopcontact als bij krachtstroom gebruiken we nog een extra draad voor de randaarde. Dat is echter alleen voor de veiligheid. Door deze draad loop (als het goed is!) geen stroom.

### **400 Volt!**

Met de drie fasen van een krachtstroomaansluiting is nog iets bijzonders aan de hand. De spanning die tussen de fasen onderling aanwezig is bedraagt circa 400 Volt (voorheen 380) terwijl tussen elke fase en de nul een spanning van 230 Volt staat. Toevallig is 400 gelijk aan  $230 \sqrt{3}$ . Hoewel, dat is eigenlijk niet toevallig. Zie verderop als je wilt weten waarom. We hebben dus niet alleen drie stroombronnen maar ook nog eens een hogere spanning. Daarnaast is de maximale stroom die we kunnen afnemen meestal meer dan 16 Ampère. Al met al levert dit soort aansluitingen dus meer vermogen (vermogen= kracht) dan we van ons normale stopcontact kunnen afnemen. Vandaar dus de term 'krachtstroom'.

### **De verklaring**

In de centrale wordt stroom opgewekt met een generator die voorzien is van met drie spoelen. Deze spoelen zijn in stervorm opgesteld (de rotor). De hoek tussen de spoelen bedraagt dus 120 graden. In figuur 1 is dit schematisch weergegeven. In het midden zijn deze spoelen met elkaar verbonden. Dat is het nulpunt. De generator wordt aangedreven door bijvoorbeeld een water-, stoom- of gasturbine. De rotor met de spoelen wordt daardoor rondgedraaid in een magnetisch veld. Als gevolg hiervan wordt in elke spoel stroom opgewekt. Doordat de spoel ronddraait in een vaststaand magnetisch veld wisselt de stroom telkens van richting. We spreken daarom van wisselstroom. De frequentie bedraagt in Europa standaard 50 Hertz. Dat wil zeggen dat de stroom 50 keer per seconde van richting verandert. In sommige delen van de wereld (o.a. de USA) is 60 Hertz echter de norm.





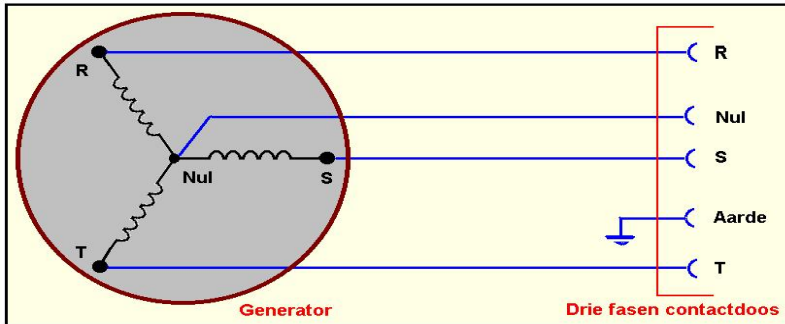


Fig. 22

N.B. Tegenwoordig spreken we niet meer over R, S en T maar over L1, L2 en L3.

Als de generator draait neemt de spanning over de spoel gelijkmatig toe tot een bepaald (positief) maximum en daalt daarna weer tot nul. Vervolgens keert de stroomrichting om en neemt de spanning weer toe tot het (negatief) maximum bereikt wordt. Daarna neemt de spanning weer af tot nul. Als we dat uittekenen zien we een sinusvorm zoals in figuur 21. In één omwenteling van de rotor (360 graden) zien we dus een positieve helft en een negatieve helft van de sinus. De tekening geeft één enkele fase weer.

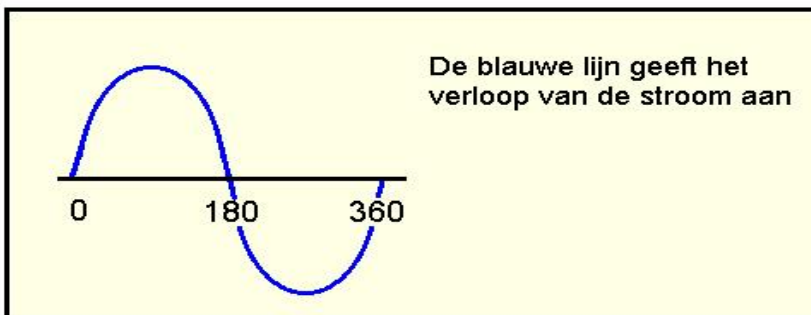


Fig. 23

De rotor heeft echter drie spoelen. De spanning over elke spoel is gelijk. Echter, omdat de spoelen  $120^\circ$  ten opzichte van elkaar gedraaid zijn vallen de sinussen niet gelijk maar verschillen onderling ook  $120^\circ$ . In figuur 22 zijn de drie sinussen getekend.

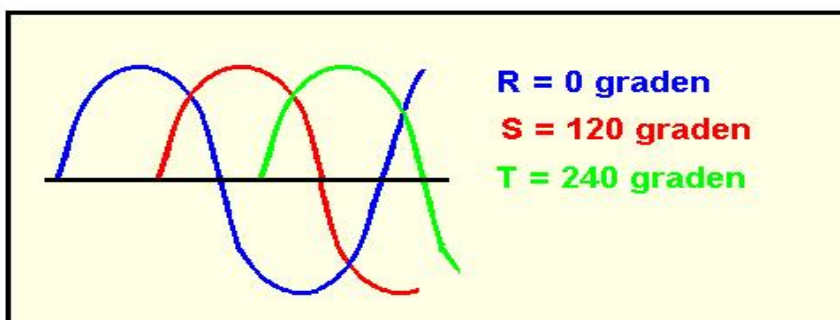


Fig. 24

Bij een krachtstroomaansluiting staat tussen elk van de fasen en de nul een wisselspanning van 230 Volt. Zoals gezegd bedraagt het faseverschil  $120^\circ$ . Het is echter niet alleen mogelijk om stroom af te nemen tussen de nul en een fase maar ook tussen twee fasen onderling. Met een beetje wiskunde (stelling van Pythagoras) kunnen we dan berekenen dat de spanning tussen twee willekeurige fasen wortel 3 maal de



spanning tussen de nul en één fase is. Dat levert ons tegenwoordig 400 Volt op. En wel drie keer (tussen elke twee fasen afzonderlijk, dus R-S, S-T en T-R).

N.B. Vroeger, toen de nominale netspanning nog 220 Volt was, sprak men over krachtstroom van 380 Volt. In de praktijk maakt dat weinig uit. Door leidingverliezen bedraagt de spanning toch nooit exact de opgegeven waarde.

### **1.7.2 Wanneer krachtstroom?**

Uit het voorgaande zal blijken dat we krachtstroom nodig hebben zodra we zware elektrische apparaten gaan gebruiken. Denk aan bv compressoren met een motor van meer dan 2 á 3 PK, zoals zware lastransformatoren en puntlasmachines.

#### **Aanleg**

In vrijwel elk huis komt gewoon krachtstroom binnen in de meterkast. Wil je een krachtstroom stopcontact hebben dan kan dat dus bijna altijd. Alleen moet er dan door een installateur een extra aansluiting worden gemaakt. Je hebt er ook een aparte meter voor nodig. En daar ontstaat tegenwoordig soms een probleem.

Het veranderen van de huisinstallatie moet door een erkend installateur geschieden. Alleen hij kan namelijk de aanvraag voor u doen om de meter om te bouwen. Het energiebedrijf accepteert dit niet van een particulier. Simpel gezegd: de meter en alles eronder is van het elektriciteitsbedrijf. De rest van de stoppenkast en de bedrading zijn een klus voor de installateur. Een bijkomend probleem is het volgende: Bij het veranderen van uw installatie wordt de installateur verantwoordelijk voor de hele installatie. Hij kan dus aansprakelijk worden gesteld voor schades die ontstaan door onvolkomenheden in de installatie (brand door bijvoorbeeld kortsluiting). Als hij dus slim is zal hij ook de rest van de installatie keuren. Eventuele reparaties komen uiteraard voor uw rekening. Als u nooit hebt zelf hebt zitten prutsen niet zo'n groot probleem: heeft u echter een extra kamertje bijgebouwd met een installatie van tweelingsnoer dan zal hij daar zeker geen genoeg mee nemen. Wat dus een krachtaansluiting kost is op voorhand niet direct te zeggen.

U dient in elk geval rekening te houden met het volgende:

Energiebedrijf:

- Deze heeft meestal een vast tarief voor de ombouw van hun kant.
- Ook wordt meestal het basistarief verhoogd.

Installateur:

- Ombouw van de meterkast: minimaal bijplaatsen van een 3 coupse kast.
- Tevens vaak aanpassen van de rest: bv. bijplaatsen of vervangen van een aardlekschakelaar.

Aanleg van de kabel naar de werkplaats: Dit wordt een 5 aderige kabel ( $2,5 \text{ mm}^2$ ) of als de kabel door de grond moet een 4 aderige Kaskabel (met een stalen mantel) ook meestal  $2,5 \text{ mm}^2$ . Bij zeer lange kabels kan het zijn dat de diameter van de kabel nog hoger gekozen moet worden.

#### **Het juiste elektriciteitsbedrijf**

Het wisselen van de meter moet door het elektriciteitsbedrijf worden gedaan. Vroeger was dat geen probleem maar omdat er tegenwoordig in een bepaald gebied stroom geleverd kan worden door meerdere elektriciteitsbedrijven kan het even moeite kosten om het juiste bedrijf in actie te brengen. Dat hoeft niet het bedrijf te zijn waar je de rekening van ontvangt. Meestal zal dat het bedrijf zijn dat oorspronkelijk de



meter ook heeft geïnstalleerd. Voorbeeld: Oorspronkelijk betrok je de stroom van Nuon maar nu ben je klant bij Essent voor 'groene' stroom. Dan zal je voor een wisseling van de meter toch naar Nuon moeten. Maar die kennen je niet meer als klant en willen daarom soms niet meer in actie komen. Aangezien je in het oorspronkelijke werkgebied van Nuon woont zijn zij het toch die de meter moeten wisselen.

### 1.7.3 Vragen

1. Hoeveel fasen telt 'normale' stroom?
2. Wat is de maximale stroomsterkte in een woning?
3. Wanneer is sprake van krachtstroom?
4. Hoe wordt een spanning = 400 V bereikt?
5. Wat is de invloed van de frequentie op de krachtstroomsterkte?
6. Wat is het effect van de frequentie op de rotor van een elektromotor?
7. Welk fenomeen veroorzaakt een draaiende rotor?



## 1.8 Veiligheid

### 1.8.1 Zekeringen



Fig. 25 Zekeringen

Een smeltveiligheid beschermt de bedrading van elektrische installaties tegen schade door te hoge elektrische stromen. Smeltveiligheden komen voor in elektrische apparatuur, in voer- en vaartuigen, en in de elektrische installatie van gebouwen, hoewel deze laatste tegenwoordig steeds meer tegen overstroom beveiligd worden met installatieautomaten.

Smeltveiligheid is de formele naam voor een elektrische smeltzekering in de volksmond ook wel stop of plon (Vlaanderen) genoemd, zoals die bijvoorbeeld in verdeelinrichtingen wordt toegepast, in woningen ook (enigszins verouderd) stoppenkast genoemd. Technici bezigen de naam zekering in de algemene zin en smeltpatroon in het bijzonder.

#### Werking

Een smeltveiligheid bestaat uit een elektrisch geleidende band of draad van koper, zilver of (wanneer het kleine stroomsterktes betreft) van een koperlegering, meestal in een gesloten huis van keramiek (steatiet) of voor kleine zekeringen glas of kunststof vaak gevuld met een blusmiddel (zand). Eventueel is de zekering voorzien van een druppeltje lood en/of tin op het midden van de smeltdraad voor het vertraagd onderbreken. Deze uitvoering wordt een trage zekering genoemd.

Wanneer er door kortsluiting of overbelasting een te hoge stroom loopt, smelt de smeltdraad van de veiligheid en wordt daardoor de stroomkring onderbroken. Hierdoor wordt voorkomen dat door warmteontwikkeling schade aan de bedrading c.q. elders in het elektrisch circuit of zelfs brand kan ontstaan. Omdat de kortsluitstroom met een en dezelfde stroomsterkte vanaf de spanningsbron door de kortsluiting vaak via diverse zekeringen stroomt, is het van belang dat de zekering die het dichtst bij de kortsluiting is doorsmelt. Zodoende wordt bij doorsmelten de fout van de rest van de installatie geïsoleerd en blijft het probleem beperkt. Dit noemt men de selectiviteit van de beveiliging.

Deze kortsluitingstroom kan, weliswaar tijdelijk, extreem hoog zijn, bijvoorbeeld in de orde van 6000 ampère. Dit is volgens de Wet van Ohm de spanning van de spanningsbron gedeeld door de weerstand van het kortsluitcircuit. De laatste is slechts de weerstand van het koper die klein is waardoor het resultaat — de stroom — extreem groot is.





Fig. 26 Dit zijn voorbeelden van automatische zekeringen.

### **Tweedelige Schroefveiligheid**

Bij huisinstallaties gebruikt men doorgaans tweedelige schroefveiligheden. Ze worden aangeduid als Diazed of D-veiligheden. (Dia = diameter. Z = zweiteilig, Ed = Edison). De veiligheid bestaat uit een smeltpatroon en een schroefkop. Smeltpatronen zijn voorzien van een meld- en een smeltdraad (in de figuur aangeduid met 1). De smeltdraden zijn gemaakt van zilver of van verzilverd koper. Beide draden lopen parallel vanaf de met gips gevulde patroonvoet (5) naar een vast gekit contactplaatje aan de bovenzijde van de smeltpatroon.

Zodra door kortsluiting of overbelasting een te grote stroom gaat lopen, wordt de smeltdraad door zijn elektrische weerstand sterk verhit, zodat hij snel of langzaam doorsmelt – afhankelijk van de soort zekering. Daarna loopt alle stroom door de melddraad, die zeer snel doorsmelt. Het elektrisch contact is dan verbroken. Het veertje (2) drukt de verklikker (3) naar buiten, waaraan men kan zien dat "de zekering is doorgebrand". Fijn zand (4) voorkomt vuurverschijnselen tijdens het doorsmelten.


Op de smeltpatroon zijn de nominale spanning en stroomsterkte vermeld. De werkelijke maximale stroomsterkte (de zogenaamde "aanspreekstroom") is minstens 6% hoger dan de nominale waarde. De diameter van de patroonvoet wordt steeds, bij elke patroon met een hogere nominale stroomsterkte, één maat groter. De schroefveiligheid wordt in een porseleinen patroonhouder (coupe) geschroefd welke voorzien is van een passchroef. Deze passchroef bestaat uit messing en is omgeven door een rand van porselein. In de daarvoor gevormde opening past precies de voet van de bijbehorende patroon. Hierdoor past een patroon met een hogere nominale stroomsterkte niet in een passchroef voor een lagere nominale stroomsterkte. Voor het plaatsen en verwijderen gebruikt men een passchroefsleutel.


Veiligheden tot en met 25A passen in een patroonhouder van 25A. Boven 25A tot en met 63A in de patroonhouders van 63A.





### Kleur van verklikker en passchroef


Passchroeven en de verklikker van de smeltveiligheden hebben voor een bepaalde waarde dezelfde kleur. Hierdoor is gemakkelijk te zien met welke grootte van veiligheid men te doen heeft.


 Roze, 2 ampère


 Bruin, 4 ampère


 Groen, 6 ampère

 Rood, 10 ampère


 Grijs, 16 ampère

 Blauw, 20 ampère

 Geel, 25 ampère

 Zwart, 35 ampère

Wit, 50 ampère

 Koper, 63 ampère

In Nederland is de nominale waarde, waarmee individuele groepen in woonhuizen maximaal mogen worden beveiligd 16 ampère. De waarde van de hoofdzekering is doorgaans 25A of 35A.

### Aanduidingen op zekeringen

Voorbeelden:

- TT 250/0,1: dit is een supertrage zekering voor een nominale stroom van ten hoogste 0,1 ampère en een maximale spanning van 250 volt.
- T 250/1,6A: dit is een "trage" zekering (reageert niet op kortstondige overbelasting) voor maximaal 250 volt, die bedoeld is om continu een stroom van 1,6 ampère of lager te laten vloeien en bij overschrijding van deze stroom gedurende een bepaalde tijd aan te spreken.
- M 250/0,5A: dit is een "middeltrage" zekering voor maximaal 250 volt. Het aanspreekgedrag zit tussen de trage en de snelle karakteristiek in.
- F 250/300mA: dit is een "snelle" zekering voor maximaal 250 volt en stromen niet hoger dan 300 mA.
- FF 250/62mA: dit is een "supersnelle" zekering voor maximaal 250 volt en stromen niet hoger dan 62 mA, speciaal voor elektronische regelaars.
- De standaard IEC 60127 voorziet in 4 typen zekering: FF, F, T, TT. Ieder type is gedefinieerd volgens de tijd nodig om 10x de nominale stroom uit te schakelen.
- FF (very Fast), < 1 ms
- F (Fast), 1-10 ms
- T (SlowBlow), 10-100 ms
- TT (Very slow acting), 100 ms - 1 s



Er bestaan in het algemeen 3 typen zekeringen:

- Type A: De zekering ultrasnel voor de bescherming van halfgeleiders.
- Type B: De zekering voor algemeen gebruik (zekering gG)
- Type C: De zekering motoren (zekering aM). Elektromotoren hebben bij het inschakelen kortstondig een zeer hoge startstroom (lage inwendige weerstand), waardoor zekeringen type B (gG) kunnen doorsmelten.

### 1.8.2 Kortsluiting

#### Kortsluiting voorkomen

- Check of elektrische kabels goed geïsoleerd zijn, want dat vermindert het risico op kortsluiting. Gebruik geen apparaten waarvan de kabels beschadigd zijn of waarvan de draden blootliggen. Een veelvoorkomende plaats waar draden kunnen blootliggen, is bij de stekker. Vervang het apparaat of de stekker in dat geval direct.
- Pak altijd de stekker vast als u hem uit het stopcontact wilt halen. Trek niet aan de kabel, want dan kan de isolatie loslaten.
- Gebruik alleen elektrische apparaten die minimaal een CE-markering hebben. Nog beter is een KEMA-keur (of de Duitse variant: VDE-keur), omdat de veiligheid dan door een onafhankelijk instituut is gecontroleerd.
- Houd u altijd aan de gebruiksaanwijzing van elektrische toestellen.
- Leg geen snoeren onder een deur, vloerbedekking of tapijt. Het snoer kan dan slijten en kortsluiting veroorzaken. Ook kan het oververhit raken en brand veroorzaken.
- Bevestig elektriciteitskabels nooit met spijkers of nietjes. In doe-het-zelfzaken zijn speciale clips te koop om kabels en leidingen veilig te monteren.
- Gebruik kabels niet om iets aan op te hangen.
- Gebruik niet meer dan 1 verlengsnoer tussen apparaat en stopcontact. Hoe meer snoeren u gebruikt, hoe groter dan kans dat ze klem komen te zitten. Dan kan door slijtage kortsluiting of brand ontstaan. Ook kunt u door een combinatie van verlengsnoeren onbewust meer apparaten aansluiten dan de snoeren aan kunnen.
- Rol een verlengsnoer, bijvoorbeeld op een haspel, altijd helemaal uit voor u hem gaat gebruiken.
- Heeft u een souterrain? Let dan goed op de isolatie bij de ramen en controleer of er geen water langsloopt. Is het souterrain toch vochtig geworden, laat de elektrische bedrading in het nat geworden gebied zo snel mogelijk vervangen. Want wanneer de bedrading gaat roesten, vergroot dat de kans op kortsluiting enorm.

#### Kortsluiting opsporen

- Schakel de groep van de doorgeslagen stop of automaat uit met de groepsschakelaar in de meterkast.
- Schakel ook de elektrische apparaten in de groep uit door de stekkers uit de stopcontacten te halen.
- Vervang de doorgeslagen stop of schakel de automaat weer in.
- Schakel de apparaten 1 voor 1 weer in, totdat de stop of automaat weer wordt uitgeschakeld. Zo merkt u welk apparaat kortsluiting veroorzaakt.



- Geeft geen enkel apparaat een probleem? En is er ook geen sprake van overbelasting? Waarschuw dan een erkend installateur om te controleren of er iets met uw installatie aan de hand is.

Om kortsluiting op deze manier op te sporen is het handig om een groepenoverzicht in de meterkast te hangen. Noteer per groep welke apparaten erop zijn aangesloten.

Soms raakt een apparaat defect zonder dat kortsluiting optreedt. De stop blijft intact, maar u loopt kans op een flinke schok, omdat het apparaat onder stroom staat. Om dat te voorkomen zijn aardlekschakelaars ontwikkeld; gevoelige instrumenten die registreren als ergens stroom weglekt. De aardlekschakelaar schakelt uit als de lekstroom groter is dan 30 milliampère en minimaal 20 milliseconden aanhoudt en maakt daarmee elektrocutie onmogelijk. Deze tijd is nog lang genoeg voor een schok, maar voorkomt erger. Alle woningen, die in of na 1976 zijn gebouwd of gerenoveerd, hebben in de meterkast een aardlekschakelaar die de woon- en slaapkamergroepen beveiligd. Heeft uw woning nog geen aardlekschakelaar, dan raden we u aan een aardlekschakelaar door een vakman te laten installeren. Heeft de woning wel een aardlekschakelaar, denk dan ook eens na over het uitbreiden van het aantal stroomcircuits dat door een aardlekschakelaar is beveiligd.

Test een aardlekschakelaar regelmatig. Om de aardlekschakelaar te testen is deze voorzien van een knopje (vaak gemerkt met de letter T van test). Wanneer dit knopje wordt ingedrukt moet de stroom uitvallen; u ziet dan tegelijkertijd een palletje omklappen. Om de stroom weer in te schakelen kunt u het palletje terug zetten. Valt de stroom niet uit na het indrukken van de knop, zorg er dan voor dat de aardlekschakelaar vervangen wordt.

Treedt de schakelaar vanzelf in werking, en valt de stroom uit, dan is er iets mis met één van de apparaten die u gebruikt. Probeer eerst uit te vinden welk apparaat de storing veroorzaakt. Laat het apparaat eerst repareren voor u het weer gebruikt. De stroom kunt u weer inschakelen door het palletje van de aardlekschakelaar terug te zetten.

Kortsluitingen in hoog- en laagspanningsnetten kunnen ernstige gevolgen hebben en aanleiding geven tot een kortere of een langere netuitval, waar de gebruikers hinder van ondervinden en waardoor economische schade kan ontstaan.

Nederland en de omliggende landen beschikken over een goede en betrouwbare elektriciteitsvoorziening. Hoewel deze voorzieningen dus uitstekend zijn, is het toch niet te voorkomen, dat door storingen in componenten als netkabels, huisaansluitkabels, schakelaars en transformatoren soms kortsluitingen kunnen optreden.

### **Maatregelen**

Storingen in componenten van de elektriciteitsvoorziening kunnen ontstaan door veroudering, slijtage, werking van de bodem, vocht, fouten door fabrikanten, montagefouten, bedieningsfouten of door weersinvloeden. Het zal duidelijk zijn, dat sommige van deze fouten bijna niet zijn te voorkomen, en dat om die reden al het mogelijke wordt gedaan, om onderbrekingen van de stroomvoorziening tot het uiterste te beperken.

Vanzelfsprekend moeten het elektriciteitsnet en alle componenten die in dat net zijn opgenomen, opgewassen zijn tegen de gevolgen van kortsluitingen. Deze bestandheid wordt onder meer vastgesteld door uitgebreide proefnemingen in daartoe ingerichte kortsluitlaboratoria, zoals bij de KEMA in Arnhem. Uit





deze proefnemingen komen in veel gevallen wijzigingen voort die leiden tot aanpassingen en verbeteringen. Daarnaast wordt met uiterst moderne en snelle beveiligingsmiddelen bij een kortsluiting onmiddellijk ingegrepen door het getroffen netgedeelte vrijwel direct af te schakelen. Afschakeltijden van 80 à 100 milliseconden (msec) zijn tegenwoordig in hoogspanningsnetten hierbij heel normaal. Als een dergelijk beveiliging mocht weigeren, dan komt vrijwel onmiddellijk een volgtrap in werking, waardoor de nog altijd zeer korte afschakeltijden van ca 250 msec mogelijk zijn. In laagspanningsnetten en in 10 kV-netten liggen de afschakeltijden door smeltveiligheden bij kortsluiting in de buurt van 10 ms. Als een dergelijk smeltveiligheid om wat voor reden dan ook niet aanspreekt, dan wordt door de achterliggende beveiliging in het 10 kV-net binnen 20 à 40 msec alsnog een afschakeling tot stand gebracht.

### Grootte van de kortsluitingen en optredende effecten

Een kortsluiting in een elektriciteitsnet wil eigenlijk in het kort zeggen, dat het in de generatoren G opgewekte elektrische vermogen  $P$  niet op de plaats terecht komt waar het wordt verlangd, maar naar de generatoren terugkeert via een kortere weg. De afbeelding laat op een sterk vereenvoudigde manier zien, hoe de bedrijfsstroom  $I$  bij een kortsluiting plaats maakt voor de kortsluitstroom  $I_k$ .

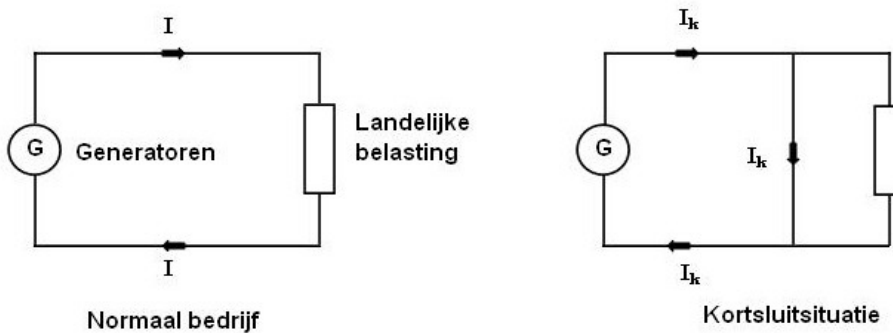


Fig. 27

### Vergelijking tussen normaal bedrijf en kortsluitsituatie

De kortsluitstromen in de hoogspanningsnetten kunnen zeer groot zijn. In bijvoorbeeld het 380 kV-net zijn tegenwoordig al kortsluitstromen van 63 kA mogelijk, en in de 10 kV-netten wordt op kortsluitstromen van 25 kA of hoger gerekend. In de laagspanningsnetten voor 400/230 V kunnen direct achter de nettransformatoren soms wel kortsluitstromen van ruim 20 kA worden verwacht. Op de rails van een verdeelkast op bijvoorbeeld 35 meter afstand achter de transformator, is  $I_k$  – door de weerstand van de gebruikte kabel - al gereduceerd tot ongeveer 15 kA. Op 100 meter afstand is  $I_k$  dan nog maar 10 kA. Dit vraagt natuurlijk om een selectieve manier van beveiligen met smeltveiligheden of installatieautomaten, en de juiste keuze van de leidingdoorsnede.

Voor het vaststellen van de grootte van de kortsluitstromen in een netgedeelte, vinden tegenwoordig vrijwel altijd kortsluitberekeningen plaats. Bij deze vrij complexe berekeningen wordt onder meer met ster-driehoektransformatie gewerkt.

Hoewel door de hoge kwaliteit van het schakelmateriaal, de leidingen en de beveiligingsmiddelen al te grote schade wordt beperkt, is het toch niet te voorkomen, dat een kortsluitstroom gedurende een aantal milliseconden werkzaam is en twee belangrijke effecten teweeg brengt, namelijk warmteontwikkeling en krachtwerking.



## Warmteontwikkeling

Door de zeer geringe ohmse weerstand van de schakelaars en toevoerleidingen naar een kortsluitplaats, zal bij een kortsluiting de stroom  $I$  die eerst een normale waarde had overgaan in de soms tot enkele duizenden ampères (kA's) oplopende kortsluitstroom  $I_k$  zoals schematisch weergegeven in de afbeelding. Het gevolg hiervan is, dat zich binnen zeer kort tijd hoge temperaturen zullen ontwikkelen in de netcomponenten.

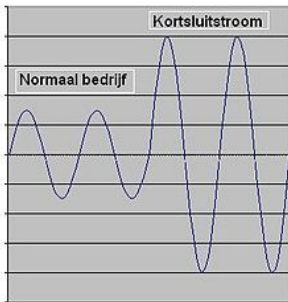


Fig. 28

De warmteontwikkeling  $E$  door een stroom wordt bepaald door het kwadraat van de stroom  $I$ , de ohmse weerstand  $R$  van de componenten en de tijd  $t$ , dat de kortsluitstroom aanwezig is, geschreven als  $P = I^2 \cdot R \cdot t$  (joule). Tegen deze warmteontwikkeling zijn te krap bemeten doorsneden van leidingen niet bestand en slecht contactmakende verbindingen lassen vast of branden weg. Dit wegbranden gebeurt in onderdelen van seconden en heeft soms het karakter van een explosie.

Aangezien de kortsluitstromen van korte duur zijn, treedt een zogenaamd adiabatisch proces op, dat wil zeggen, dat de temperatuurstijging zó snel gaat, dat er nauwelijks warmte aan de omgeving wordt afgestaan. Bij een kortsluiting zijn temperatuurstijgingen van 200 of 300 K dan ook geen zeldzaamheid. Voor de componenten zijn kortstondige temperatuurverhogingen veroorzaakt door kortsluitingen wel toegestaan, hoewel er duidelijke bovengrenzen worden aangegeven, zoals in bijgaande tabel is aangegeven.

Component	$\Theta_e$ (oC)	$\Theta_k$ (oC)
Bovengrondse lijnen	80	200 (Cu) / 160 (Al)
Vrije rails	70	200 (Cu) / 160 (Al)
Olietransformatoren	105	250
Papierloodkabels	50	200
XLPE-kabels	90	250

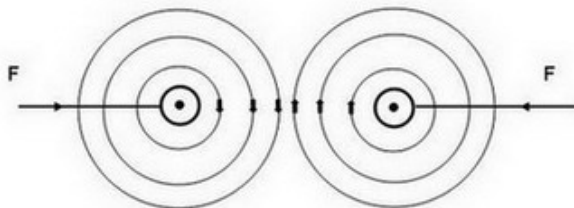
$\Theta_e$  = maximum uitgangstemperatuur

$\Theta_k$  = kortstondig maximaal toelaatbare temperatuur bij kortsluiting

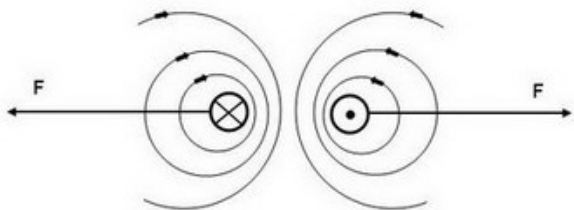


## Krachtwerking

Voorafgaand aan een temperatuurverhoging in leidingen en componenten, treden door een kortsluitstroom elektrodynamische krachten op die soms gevaarlijk groot kunnen worden. Door de kortsluitstromen ontstaan grote elektromagnetische velden rondom de geleiders. Afhankelijk van de stroomrichting en de positie van deze geleiders zullen parallellopende geleiders door de kortsluitstroom uit elkaar worden gedreven of juist naar elkaar worden getrokken, zoals op de afbeeldingen is te zien.



Gelijknamige stromen: de elektromagnetische velden heffen elkaar op.  
Gevolg: geleiders trekken elkaar aan door krachten F.



Ongelijknamige stromen: verdringing van de elektromagnetische velden.  
Gevolg: geleiders gaan uit elkaar door krachten F

Fig. 29

De stroomrichting in een geleider wordt aangegeven met een x als de stroom van ons af vloeit (achterzijde van een pijl) en met een '.' als de stroom naar ons toekomt (voorzijde van een pijl). De optredende krachten F worden, net als bij de warmteontwikkeling, voornamelijk bepaald door het kwadraat van de kortsluitstroom  $I_k$ , waarbij in dit geval de topwaarde van de kortsluitstroom  $I_k$  bepalend is voor de grootst mogelijk optredende krachten.

## Getallenvoorbeeld

Direct achter een normtransformator van 630 kVA, treedt tussen twee rails van een railstelsel (zie afbeelding hierboven) in een hoofdverdeelkast een kortsluitstroom  $I_k$  op van 22 kA, ingeleid door een asymmetrische kortsluitstroom  $I_k$  van 55 kA. Deze stroom zal in de eerste perioden van de kortsluiting grote krachten F veroorzaken.

Uit berekeningen blijkt, dat de resulterende kracht F op de rails in eerste periode van de kortsluiting per meter = 6.050 N is.

De stromen zijn tegengesteld ten opzichte van elkaar, waardoor de rails uit elkaar worden gedreven.

Als de kortsluitstroom na een halve periode van richting omkeert, blijven de stromen tegengesteld ten opzichte van elkaar, waardoor dus ook de krachten F elkaar blijven afstoten, zoals in de afbeelding te zien is.



Een dergelijke topwaarde - die meestal een grootte heeft van ongeveer 2,5 tot 2,75 x de effectieve kortsluitstroom  $I_k$  - is aanwezig in het geval van een zogenaamde asymmetrische kortsluitstroom. Deze treedt op als overgangsverschijnsel op het moment dat de fasespanning  $U_f = 0$  en de stroom van normaal bedrijf overgaat in een kortsluitstroom.

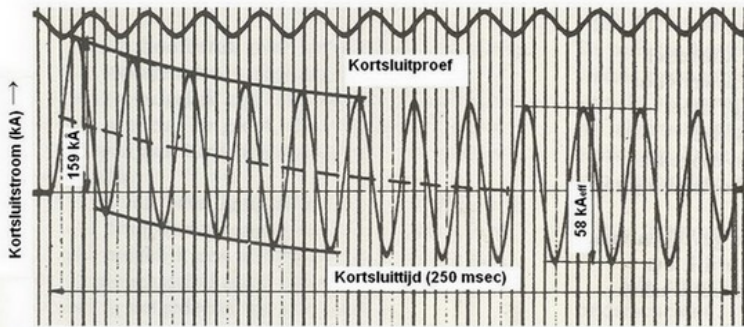


Fig. 30

In de afbeelding is een grafiek weergegeven met een asymmetrische kortsluitstroom, gemaakt tijdens beproevingen van aardingsmateriaal voor 150 kV-installaties. Bij deze proef was de effectieve waarde van de kortsluitstroom  $I_k = 58$  kA en de topwaarde van asymmetrische kortsluitstroom  $I_k = 159$  kA, dus ruim 2,7x  $I_k$ . Aangezien in dit geval de topwaarde maximaal is en de krachten  $F$  door  $I_k$  worden bepaald, worden de krachten  $F$  uitermate groot.

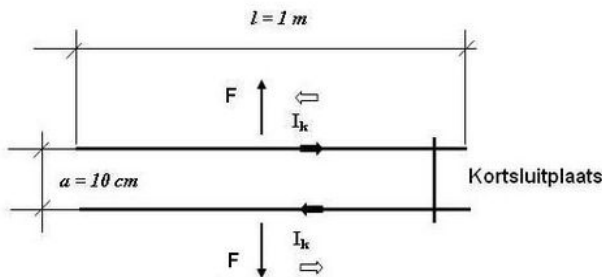


Fig. 31

### Typen kortsluitingen

Er zijn vier verschillende typen kortsluitingen te onderscheiden, die elk een apart karakter hebben. Bij bovengrondse lijnen, die deel uitmaken van het driefasige hoogspanningsnet, kunnen bij een directe blikseminslag op de geleiders of op de bliksemdraden, door- of overslagen optreden. Hierdoor ontstaat vervolgens een éénfasige kortsluiting, die meestal met éénfase aardfout wordt aangeduid. De optredende aardfoutstroom  $I_k$  vloeit daardoor naar aarde en vertakt zich daar in twee of meer deelstromen ( $I_k'$  en  $I_k''$  etc) die naar het aardpunt van de transformator of generator terugkeren. Bij inslag in een mast vloeit de aardsluitstroom  $I_k$  via het metaal van de mast naar aarde en veroorzaakt rondom de poten van de mast een trechtervormig potentiaalverloop, dat voor mensen en dieren die in de nabijheid van een getroffen mast zijn, gevaarlijke situaties kan opleveren.

Bij een inslag alleen in het mastlichaam kan via zogenaamde mastterugslag, een geleider bij de inslag worden betrokken. Bij mastterugslag loopt de spanning over het mastlichaam namelijk soms zó hoog op, dat



overslag naar een geleider kan optreden en een kortsluiting inleiden. Ook bij kabels die in de grond liggen kan door een directe blikseminslag of door andere fouten een aardfoutstroom over de mantel of de bewapening van de kabel gaan lopen, waardoor muffen en eindsluitingen met slechte metallische overgangen sterk verhit kunnen raken of zelfs ontploffen. Aangezien bij een éénfase aardfout een spanningsverhoging aanwezig is, kan op een eventuele zwakke plaats elders de isolatie doorslaan en een tweede aardfout inleiden. Hier is dan sprake van een dubbele aardfout. Bij een dubbele aardfout kunnen relatief grote aardsluitstromen ontstaan. Ook hier vloeit de aardfoutstroom  $I_k$  naar aarde en vertakt zich daar verder.

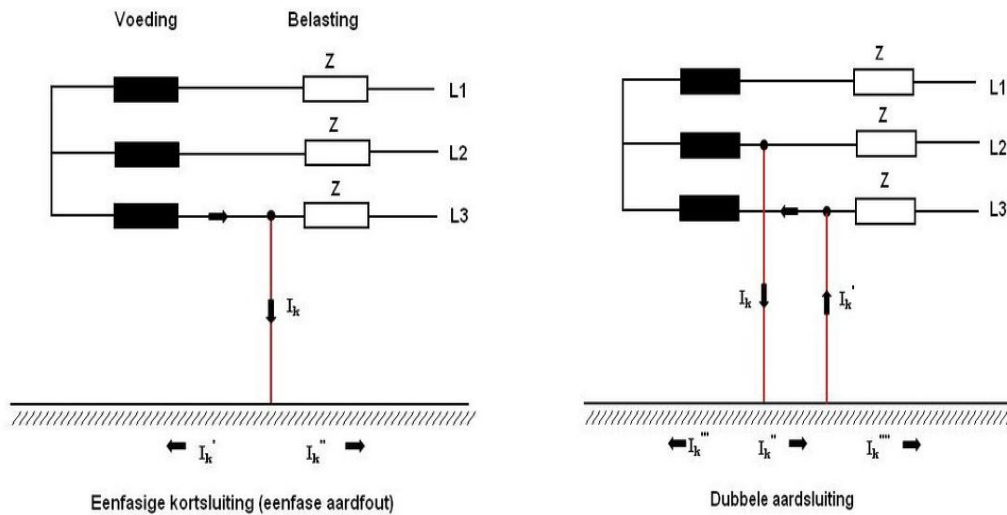


Fig. 32

Bij een tweefasige kortsluiting vloeien er geen stromen naar aarde, maar vormt de kortsluitstroom  $I_k$  een gesloten circuit via de voeding en de geleiders. De kortsluitstroom  $I_k$  bij een tweefasige kortsluiting kan vrij groot worden. Ook een driefasige kortsluiting kan een zeer grote kortsluitstroom opleveren. Soms brengt men om deze stromen enigszins te beperken zogenaamde Petersenspoelen aan die in het sterpunt van het net worden opgenomen. Deze spoelen brengen door hun dempende eigenschappen de kortsluitstromen terug tot een aanvaardbare grootte.

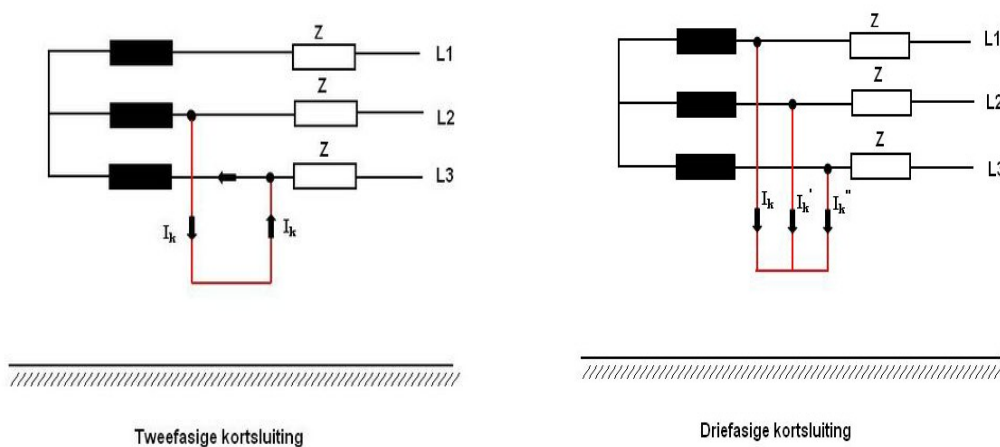


Fig. 33



### 1.8.3 Aardlekschakelaar

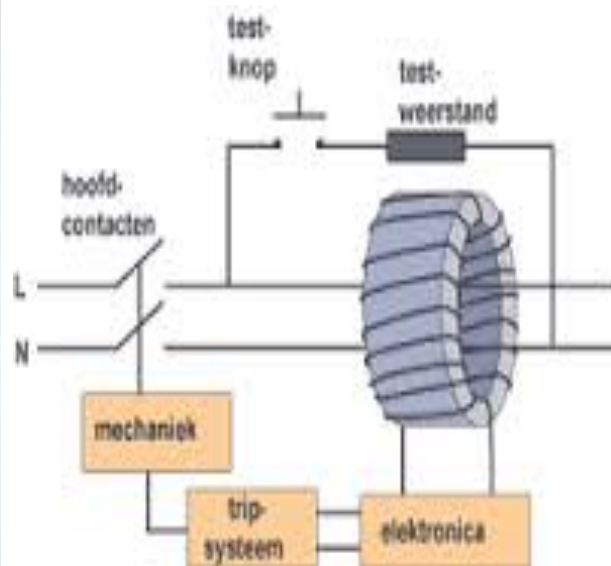
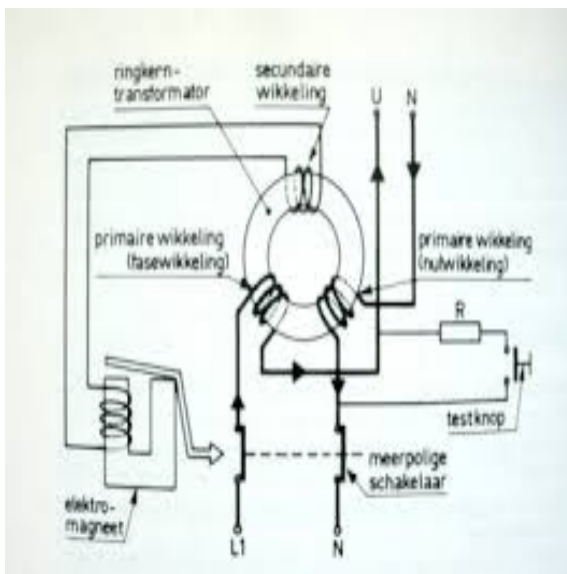


Fig. 34

#### Aarding en aardlekschakelaar

Elektrische apparatuur is vaak goed beschermd. Ten eerste door een metalen omhulsel om het apparaat. Daarnaast voorkomt een goede veiligheidsaarding dat elektrische apparaten onder spanning komen te staan. Hebt u een kapot apparaat in huis? Dan zorgt de aarding voor veiligheid, doordat de stroom via de aardleiding naar de aarde wegvloeit. U merkt dan dat de stop in de meterkast doorslaat of uw aardlekschakelaar schakelt automatisch de elektriciteit uit voordat het gevaarlijk kan worden.

Toch kunnen gevaarlijke situaties rondom elektriciteit altijd ontstaan. Dat kan gebeuren als de aardedraad loszit of ontbreekt. In de meeste gevallen ontdekt u dit pas als het misgaat, u merkt namelijk niet aan uw apparatuur of de installatie in de meterkast nog geaard is. Daarom adviseren wij de aardlekschakelaar regelmatig te testen en de aarding te laten controleren door een erkend installateur, als u twijfelt of uw installatie goed geaard is.

#### Aardlekschakelaar

Een aardlekschakelaar is een extra beveiliging van uw stroomvoorziening. Elektrische installaties in woningen zijn sinds 1975 verplicht voorzien van één of meer aardlekschakelaars. U herkent deze in uw meterkast aan het testknopje met de letter T.

Op een aardlekschakelaar zijn één of meerdere groepen aangesloten. Een aardlekschakelaar schakelt de stroom uit als er lekstroom naar de aarde wegvloeit. Maar ook bij onweer kan een aardlekschakelaar





uitschakelen. Zo worden onveilige situaties voorkomen. In de meeste gevallen kunt u de aardlekschakelaar weer inschakelen, door de schakelaar naar boven te zetten. Dan hebt u overal weer elektriciteit. Als de aardlekschakelaar direct weer uitschakelt, heeft u te maken met een defect in uw eigen installatie of in de apparatuur die daarop aangesloten is. Het stappenplan van Liander geeft aan wat u moet doen als de stroom is uitgevallen.

Hebt u een aardlekschakelaar? Dan raden wij u aan deze tenminste twee keer per jaar te testen. Dat doet u zo:

- Druk de testknop (T of Test) in
- De elektrische installatie wordt uitgeschakeld
- Wordt de installatie niet uitgeschakeld, laat dan een erkend installateur langskomen
- Als u de schakelaar weer inschakelt, moet alles weer normaal werken

### Gearde stopcontacten

Gearde stopcontacten vindt u in vochtige ruimtes. Dat is nodig, omdat vocht en metaal goede geleiders zijn van elektriciteit. Mocht er een defect optreden in een elektrisch apparaat, dan zorgt de aardleiding ervoor dat de elektriciteit via de aarde wegvloeit. In nieuwere woningen vindt u vaak overal in huis gearde stopcontacten. Tegenwoordig heeft namelijk steeds meer apparatuur een gearde stopcontact nodig. Een gearde stopcontact is dieper dan een normaal stopcontact en heeft metalen contactpunten. De stekker van niet gearde apparatuur past niet in een gearde stopcontact. Als een stekker niet in een keer past, is het niet veilig om het apparaat op dat stopcontact aan te sluiten.

### Laat de aarding controleren

De huiseigenaar is zelf verantwoordelijk voor de veiligheid van zijn elektrische installatie en apparatuur. Van groot belang is daarbij dat uw installatie een goede veiligheidsaarding heeft. Twijfelt u of de aarding in uw woning goed geregeld is? Schakel dan een erkende installateur in om de aarding te controleren. U kunt daarbij denken aan de volgende situaties:

- Verhuizing naar een andere woning
- Verbouwing
- Aanpassing aan de elektrische installatie
- Als u denkt dat uw installatie is gearde op het kunststof waterleidingnet
- Bij twijfel
- Eens in de tien jaar

Dit zijn drie voorbeelden van aardlekschakelaars.



Fig. 35



De aardlekschakelaar in de meterkast vergelijkt de inkomende en de uitgaande stroom in uw huis. Die moet even groot zijn. Als dat niet zo is, dan is er iets mis en verlaat de stroom de elektrische installatie op een verkeerde manier, bijvoorbeeld door een probleem met de aarding. In dat geval onderbreekt de aardlekschakelaar direct de stroomtoevoer.

Sinds 1975 is een aardlekschakelaar verplicht. Hebt u een oude installatie zonder aardlekschakelaar? Laat er dan één plaatsen door een erkend installateur.

### **Wat te doen wanneer de aardlekschakelaar is uitgeschakeld?**

- Schakel alle groepen achter de aardlekschakelaar uit met de groepsschakelaars in de meterkast.
- Schakel ook alle elektrische apparaten uit, door de stekkers uit de stopcontacten te halen.
- Schakel de uitgeschakelde aardlekschakelaar en de groepsschakelaars weer in.
- Schakel de apparaten 1 voor 1 weer in, totdat de aardlekschakelaar opnieuw wordt uitgeschakeld. Zo merkt u welk apparaat kapot is.

Geeft geen enkel apparaat een probleem? En is er ook geen sprake van overbelasting? Waarschuw dan een erkend installateur om te controleren of er iets met uw installatie aan de hand is.

De aardlekschakelaar kan ook omslaan door blikseminslag. Vaak kunt u hem zonder problemen weer aanzetten. Als de aardlekschakelaar direct weer wordt uitgeschakeld, kan het zijn dat er een apparaat in huis kapot is gegaan. Hierboven is beschreven hoe u achterhaalt om welk apparaat het gaat. Het kan ook zijn dat de aardlekschakelaar zelf defect is geraakt. Neem dan contact op met een erkend installateur.

### **Aardlekschakelaar testen**

Test tenminste 2 maal per jaar uw aardlekschakelaar. Een handig geheugensteuntje is om dit te doen bij de overgang naar zomer- en wintertijd.

- Druk de testknop in. Deze herkent u doordat er T of Test op staat.
- De elektrische installatie wordt uitgeschakeld. Zo niet, laat dan meteen een erkend installateur langskomen.
- Zet de schakelaar weer terug. Nu moet alles weer normaal werken. Zo niet, bel dan een erkend installateur.

### **Aardlekbeveiliging**

Zoals bekend, kan de mens schadelijke gevolgen ondervinden indien de stroom door het lichaam te groot wordt. Normalerweise zorgen materialen met isolerende eigenschappen ervoor dat de mens niet direct of indirect met elektriciteit in aanraking kan komen. Hierdoor is er sprake van een veilige situatie. Indien de isolerende materialen echter door veroudering of een externe oorzaak beschadigd raken, kunnen gevaarlijke situaties ontstaan. Tegen een aantal van deze gevaarlijke situaties is aardlekbeveiliging een goede bescherming.

Aardlekbeveiliging wordt gebruikt om te beveiligen tegen de volgende drie gevaren:

- Direct aanrakingsgevaar
- Indirect aanrakingsgevaar voor de mens
- Brandgevaar door aardlekstromen





## Gevoeligheid van de mens voor elektriciteit

Zoals wij allen weten, is de mens niet bestand tegen grote stromen door het lichaam. Deze uitspraak wordt misschien nog wel het best geïllustreerd door figuur 14 van IEC 60479-1 (effects of current on human beings and livestock).

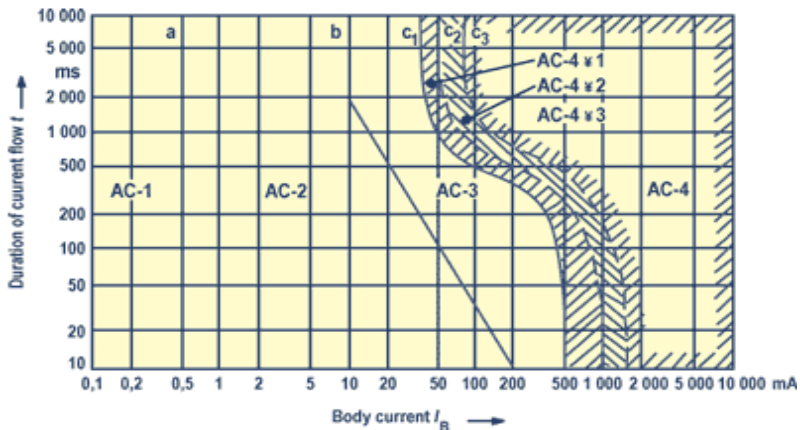


Fig. 36 Tijd-stroom zones voor effecten op het menselijk lichaam ten gevolge van AC-stromen met een frequentie van 15Hz tot 100Hz.

De IEC 60479-1 stelt nu dat de mens in het gebied links van curve c1 normaal gesproken geen blijvende schade ondervindt indien de stroom door het lichaam loopt. Dit wil echter niet zeggen dat de mens niets voelt van deze stromen. In het gebied tussen curve b en curve c1 is er wel degelijk sprake van spierverkramping en kunnen zelfs kortstondige hartritme stoornissen optreden.

Op basis van figuur 34 van de IEC 60479-1 kan dus gesteld worden dat de mens normalerwijze tegen onherstelbare beschadiging ten gevolge van defecten in de elektrische installatie beschermd is, indien er niet meer dan 30mA stroom (a.c.) door het menselijk lichaam kan vloeien.

Om een stroom groter dan 30mA door een menselijk lichaam te laten lopen dient tussen twee punten van dat lichaam een voldoende groot potentiaalverschil te bestaan. Hoe groot dit potentiaalverschil moet zijn hangt af van de impedantie tussen deze twee punten van het lichaam. IEC 60479-1 geeft een aantal verschillende impedantie voor het menselijk lichaam. De waarde van de impedantie hangt af van:

- Tussen welke ledematen het potentiaalverschil staat (tussen twee handen is de impedantie bijvoorbeeld lager dan tussen een hand en een voet);
- De frequentie van de stroom;
- De spreiding in impedantie tussen de verschillende lichamen.
- De isolerende eigenschappen van kleding.

Op basis van de gegevens van de IEC 60479-1 komt de NEN 1010 (bepaling 8.410.101) tot een veilige spanning van maximaal 50V AC (50Hz.) Voor gelijkspanning komt de NEN 1010 (bepaling 8.410.101) op een veilige spanning van maximaal 120V.

## Direct aanrakingsgevaar

Men praat over direct aanrakingsgevaar als men direct met de spanning in aanraking kan komen zonder dat deze spanning beveiligd is door een isolerende omhulling of een gearde omhulling. Twee voorbeelden van direct aanrakingsgevaar zijn:



- Een kind dat een breinaald in de wandcontactdoos steekt;
- Een sluiting in de voeding van een computer met metalen kast die niet op een geaarde wandcontactdoos is aangesloten.

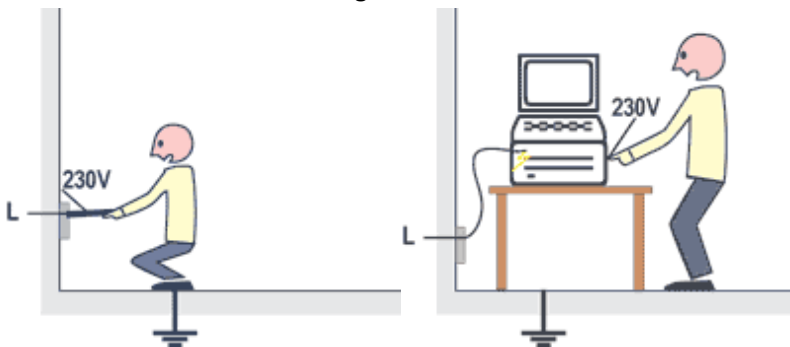


Fig. 37 Belangrijk bij bovenstaande situaties is het feit dat er sprake is van een stroom door het lichaam.

Een breinaald alleen in het stopcontact voert geen stroom en geeft ook geen sluiting. Er gaat pas stroom lopen indien iemand de breinaald vastpakt. Deze persoon staat namelijk met zijn voeten op een geaarde vloer (0V) en raakt daarna met zijn hand een wisselspanning van 230V aan. De stroom die nu door het lichaam gaat lopen is meestal hoger dan 30mA en heeft vaak dodelijke gevolgen.

Ook de computer die op een wandcontactdoos zonder randaarde is aangesloten en op een houten tafel staat levert direct aanrakingsgevaar op indien door een defect de fasedraad contact maakt met de metalen behuizing van de computer. In deze situatie loopt er wederom geen stroom zolang niemand de behuizing van de computer aanraakt. Het is wel zo dat de behuizing van de computer nu verbonden is met een 230V wisselspanning.

Indien nu iemand de computer aanraakt ontstaat dezelfde situatie als in het voorbeeld van de breinaald: de persoon staat met zijn voeten op een geaarde vloer en raakt met zijn handen de behuizing van de computer die verbonden is met een 230V wisselspanning. Wederom zal er een stroom door die persoon gaan lopen die meestal groter is dan 30mA en wederom zal deze situatie vaak een dodelijk afloop hebben.

Men dient zich te realiseren dat aardfoutbeveiliging, naast isolatie, de enige beveiliging is tegen direct aanrakingsgevaar. Een patroon of installatieautomaat beveiligt niet tegen bovenstaande situaties.

Een patroon of installatieautomaat zijn beveiligingen tegen overbelasting en kortsluiting dat betekent dat deze pas afschakelen bij stromen die significant groter zijn dan de nominaalstroom. Voor een 16A installatieautomaat geldt bijvoorbeeld dat deze pas uitschakelt bij stromen die duidelijk hoger zijn dan 16A. Echter, al een stroompje van 0,1A, zoals die in bovenstaande situaties zou kunnen gaan lopen, is dodelijk voor de meeste mensen. Om tegen direct aanrakingsgevaar beveiligd te zijn moet de elektrische installatie voorzien zijn van een aardlekschakelaar volgens IEC 61008 of IEC 61009 met een aanspreekstroom van maximaal 30mA. Deze aardlekschakelaar schakelt aardlekstromen groter dan 30mA binnen een veilige tijd af.

Dat een aardlekschakelaar de veiligheid van personen vergroot bij defecten aan of misbruik van de elektrische installatie wordt ook onderkend door de NEN 1010. De NEN 1010 heeft in de vijfde druk een groot aantal situaties toegevoegd waarin het gebruik van een 30mA aardlekschakelaar verplicht is.



Voor uw gemak heeft Eaton Holec een programma ontwikkeld waarmee u kunt controleren of u volgens de NEN 1010 in een bepaalde situatie een aardlekschakelaar toe moet passen of niet.

### Indirect aanrakingsgevaar

Bij indirect aanrakingsgevaar is er in tegenstelling tot direct aanrakingsgevaar wel sprake van een geaarde metalen omhulling. Als deze metalen omhulling echter niet voldoende geaard is kan deze omhulling bij een aardsluiting (sluiting tussen fase en aarde) op een gevaarlijk hoge spanning komen te staan. Een en ander zal verduidelijkt worden aan de hand van een voorbeeld.

In het voorbeeld wordt uitgegaan van een computer met een metalen omhulling die op een wandcontactdoos met randaarde is aangesloten. In de voeding van deze computer ontstaat een aardsluiting waardoor de omhulling (kast) van de computer verbonden wordt met de fase van het elektriciteitsnet.

Figuur 36 hieronder illustreert deze situatie.

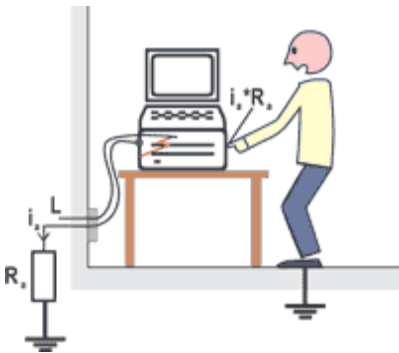


Fig. 38 Situatieschets indirect aanrakingsgevaar.

Doordat de computer op een wandcontactdoos met randaarde is aangesloten zal er bij een aardsluiting direct een aardfoutstroom gaan lopen. De grootte van deze stroom hangt af van de aardverspreidingsweerstand ( $R_a$ ) van de elektrische installatie. De grootte van de aardfoutstroom kan eenvoudig afgeschat worden met de formule:

$$i_a = 230V/R_a$$

De gedachte achter het gebruik van wandcontactdozen met randaarde en de daarop aangesloten metalen omhullingen is dat indien er een aardsluiting ontstaat en de metalen omhulling dus een gevaarlijk hoge spanning aanneemt, er direct een zodanig grote aardfoutstroom gaat lopen dat de beveiliging van de desbetreffende groep binnen een veilige tijd afschakelt. Of deze beveiliging een installatieautomaat of patroon mag zijn of toch een aardlekbeveiliging moet zijn hangt af van de aardverspreidingsweerstand  $R_a$ .

In een aantal delen van Nederland zijn verbruikers aangesloten op een TN-stroomstelsel. In een TN-stroomstelsel is de aardverspreidingsweerstand de impedantie van de retourgeleider naar de voedingstransformator. De impedantie van deze retourgeleider is in de orde van enkele tienden Ohms. Gevolg van deze lage impedantie is dat de aardfoutstroom in TN-stroomstelsels al gauw enkele honderden ampères bedraagt.

Indien nu gekeken wordt hoe snel bijvoorbeeld een 16A patroon of automaat een stroom van enkele honderden ampères afschakelt dan zal men zien dat de patroon of installatieautomaat deze stroom ruim



binnen de daarvoor in de NEN 1010 gestelde normen afschakelt. Indien de aardverspreidingsweerstand laag genoeg is, kunnen installatieautomaten of patronen dus prima beschermen tegen indirect aanrakingsgevaar.

In grote delen van Nederland zijn verbruikers echter aangesloten op zogenaamde TT-stroomstelsels, dat betekent dat de aardverspreidingsweerstand een veel hogere waarden aan kan nemen. Afhankelijk van de bodemgesteldheid en de wijze van aarden van de installatie kan de aardverspreidingsweerstand waarden aannemen van één Ohm tot boven honderd Ohm. Indien de aardverspreiding weerstand bijvoorbeeld een waarde van 100 Ohm heeft zal er in het geval van een aardsluiting slechts een aardfoutstroom van 2,3A gaan lopen. Indien nu de groep beveiligd wordt door een bijvoorbeeld een 16A patroon of installatieautomaat zal deze beveiliging niet aanspreken bij een aardfoutstroom van 2,3 A. De 16A installatieautomaat of patroon spreekt immers pas aan bij stromen boven 16A.

In een dergelijke situatie is de metalen omhulling van de computer dus voor lange tijd verbonden met een gevaarlijk hoge spanning terwijl deze toch (slecht) geaard is. Dit noemt men indirect aanrakingsgevaar. Een aardlekschakelaar zal geplaatst moeten worden om er voor te zorgen dat er wel tegen indirect aanrakingsgevaar beschermd wordt.

De NEN 1010 stelt in bepaling 8.411.101 dat de aardverspreidingsweerstand ten hoogste 167 Ohm mag zijn indien de installatie beveiligd is door een aardlekschakelaar met een aanspreekstroom van maximaal 300mA. Aardlekschakelaars met een aanspreekstroom groter dan 300mA mogen in Nederland niet meer toegepast worden als beveiliging tegen indirect aanrakingsgevaar.

Vaak wordt een 300mA aardlekschakelaar tevens gebruikt als hoofdschakelaar en worden achter deze 300mA aardlekschakelaar nog een aantal 30mA aardlekschakelaars geplaatst om te beveiligen tegen direct aanrakingsgevaar. In deze situatie moet de 300mA aardlekschakelaar een S-type aardlekschakelaar zijn om voldoende aardlekselectiviteit te verkrijgen.

### **Brandgevaar door aardlekstromen**

Vaak leest men dat een brand veroorzaakt werd door kortsluiting. Hoewel dit mogelijk is, wordt brand in de meeste gevallen juist niet door een kortsluiting veroorzaakt maar door een kleine overbelasting of een aardlekstroom.

Een kortsluiting wordt normaal gesproken binnen enkele milliseconden door een patroon of een vermogensschakelaars onderbroken. Het materiaal om de kortsluiting moet dan dus ook binnen enkele milliseconden vlam vatten om een brand te veroorzaken.

Kleine overbelastingen worden ook afgeschakeld door patronen of vermogensschakelaars maar de tijd waarin de overbelasting wordt afgeschakeld kan variëren van enkele minuten tot een paar uur. In deze situatie krijgt het materiaal van het apparaat dat de overbelasting veroorzaakt veel meer tijd om op te warmen. Goede afstemming tussen overstroomb beveiliging en de achterliggende geleiders en apparatuur voorkomt dat brand kan ontstaan ten gevolge van een overbelasting.

Als laatste is er de aardlekstroom. Hoe een aardlekstroom een brand kan veroorzaken wordt door onderstaand voorbeeld toegelicht. Vaak komt het voor dat in een woning niet voldoende wandcontactdozen op de juiste plaats zitten. Normaal gesproken lost men dit probleem op door verlengsnoeren met contactdozen te gebruiken. Deze verlengsnoeren worden vervolgens meestal onder het tapijt weggemoffeld zodat deze niet meer zichtbaar zijn en liggen vaak ook nog voor deuren zodat men regelmatig over de



snoeren loopt. In de loop der tijd kan dan de isolatie van een dergelijk verlengsnoer beschadigd raken en kan er een slecht geleidende aardfout ontstaan.



Fig. 39 Het verlengsnoer wordt beschadigd.

In bovenstaand voorbeeld ontstaat er bijvoorbeeld een slecht geleidende aardfout tussen fase en aarde in het verlengsnoer. De weerstand van de aardfout in het verlengsnoer is 100 Ohm en de aardverspreidingsweerstand van de woning is 1 Ohm. Er loopt nu een aardfoutstroom van:

$$i_a = 230V / 100 + 1 = 2,28A$$

Dit betekent dat de foutplaats in het verlengsnoer opgewarmd wordt met een vermogen van:

$$P_{diss} = R_{fout} * i_a^2 = 100 * 2,28^2 = 519W$$

Een idee van de warmte die ontwikkeld kan worden door 519W krijgt u indien u voorzichtig (!) voelt hoe heet een gloeilamp van slechts 60W al wordt.

Bovenstaande aardlekstroom van 2,28A wordt niet afgeschakeld door de 16A patroon of installatieautomaat die in de meeste gevallen de desbetreffende groep voedt en dus heeft de aardlekstroom alle tijd om de materialen in de omgeving van de aardfout op te warmen tot er brand ontstaat.

Om tegen bovenstaande situatie te beveiligen is een aardlekschakelaar volgens IEC 61008 zeer geschikt. Vaak wordt dan een 300mA S-type aardlekschakelaar als hoofdschakelaar voor de installatie gebruikt. Dit heeft als voordeel dat de gehele installatie beschermd is tegen de risico's van bovenstaande situatie en tegen indirect aanrakingsgevaar terwijl vervolgens nog verschillende groepen uitgerust kunnen worden met 30mA aardlekschakelaars om die groepen te beveiligen tegen direct aanrakingsgevaar.



## 1.9 Vermogensverlies

### 1.9.1 Elektriciteitsleiding



Fig. 40 Ondergrondse leidingen waaronder ook elektriciteitsleidingen.



Fig. 41 Luchtlijnen van een lokaal elektriciteitsnet in Oostenrijk.

Een elektriciteitsleiding transporteert elektrische stroom. Deze leidingen (vroeger sprak men van geleidingen) bestaan in ieder geval uit elektrisch geleidend materiaal, al dan niet met daaromheen een elektrisch isolerende mantel. In het laatste geval kan een leiding ook bestaan uit meerdere kernen van elektrisch geleidend materiaal (aders) waarbij iedere ader afzonderlijk elektrisch is geïsoleerd van andere aders en het geheel met een mantel is omgeven.

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen geïsoleerd elektriciteitsdraad in buis en kabels (dit laatste bestaat meestal uit een samenstel van meerdere geïsoleerde aders) en luchtlijnen, ongeïsoleerde draden die bovengronds opgehangen zijn aan palen of masten, zoals bijvoorbeeld in gebruik bij hoogspanningsnetten.

De meeste elektriciteitsleidingen bij huisinstallaties zijn voorzien van twee of drie aders. Bij twee aders zijn dit de fase (bruine isolatie) en de nul leider (blauwe isolatie). Leidingen met drie aders zijn daarnaast voorzien van een aardendraad (geel/groene isolatie).

Leidingen voor krachtstroom (driefasenspanning) bevatten doorgaans drie, vier of vijf geleiders, respectievelijk: de drie fasen; de drie fasen en de nul; en de drie fasen, de nul en aarde.

Kabels die geschikt zijn voor aanleg in de grond zijn voorzien van een aardscherm. Deze zogenaamde grondkabels bevatten direct onder de buitenmantel een gegalvaniseerde staaldraadomvlechting of een loodmantel. Behalve voor bescherming dient het aardscherm tevens als aardleiding.



## Eigenschappen

- De doorsnede van de geleider bepaalt de maximaal toelaatbare stroomsterkte.
- De isolatiewaarde van de mantel bepaalt de maximaal toelaatbare elektrische spanning.
- Wanneer een leiding buigzaam moet zijn, bestaat de kern (ader) uit meerdere samengeslagen geleiders (litze).

### Materiaalkeuze geleider

Voor de elektriciteitsleidingen kan in principe elk geleidend materiaal worden gebruikt als zilver, koper, of aluminium. In de praktijk wordt echter voor deze leidingen bijna altijd blank koper toegepast, meestal aangeduid als elektrolytisch koper. Deze kopersoort wordt langs elektrolytische weg verkregen en wordt geraffineerd tot een kopergehalte van 99,95%. Dit hoge kopergehalte is noodzakelijk, aangezien zelfs geringe verontreinigingen het elektrische geleidingsvermogen van dit materiaal sterk verminderen. Doordat namelijk elke geleider een bepaalde elektrische weerstand bezit, wordt bij stroomdoorgang warmte ontwikkeld en ontstaan er spanningsverliezen over de leiding. Deze verliezen moeten natuurlijk zo klein mogelijk blijven.

### Materiaalkeuze isolatie

Aangezien elektriciteitsleidingen voorkomen in huisinstallaties met een betrekkelijk klein elektrisch vermogen maar ook in supermarkten, op schepen, in fabrieken of andere grote installaties, is er een ruime keus in de aderdoorsnede van deze leidingen. Ook kan worden gekozen uit diverse soorten leidingen met soms bijzondere specifieke eigenschappen, afhankelijk van de plekken waar deze worden gemonteerd en welke omstandigheden daar gelden. Zo bestaan leidingen met aderisolatie van vinyl, de zogenaamde VD-draad, die in huisinstallaties worden verwerkt, of VMvK-kabel voor algemene montage in het zicht. In installaties waar hoge eisen worden gesteld aan de brandveiligheid, past men bijvoorbeeld YMvK-kabel toe.

De bijzonderheden van deze en andere leidingsoorten voor toepassing in Nederland zijn te vinden in bijvoorbeeld het normblad NEN 3207:1990: Geïsoleerde leidingen voor sterkstroom — Systemen voor de aanduiding van leidingtypen.

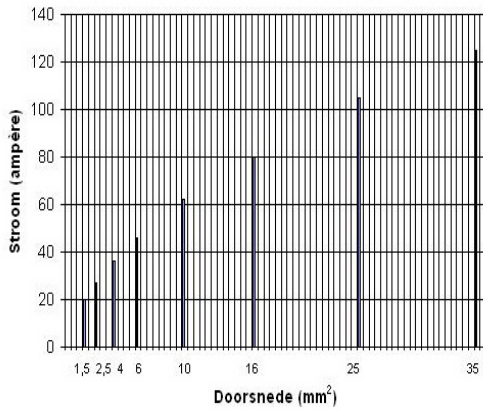
### Stroombelastbaarheid en stroomdichtheid

In bijgaande tabel is een reeks driedraderige kabels met aderisolatie van vinyl weergegeven van 1,5 mm<sup>2</sup> tot 400 mm<sup>2</sup> met de daarbij behorende toelaatbare stromen en stroomdichtheid.

Leidingen worden met kabel aangeduid als er meer dan één ader aanwezig is.



Stroombelastbaarheid van 3-aderige kabels met aderisolatie van vinyl



Stroomdichtheid van 3-aderige kabels met aderisolatie van vinyl

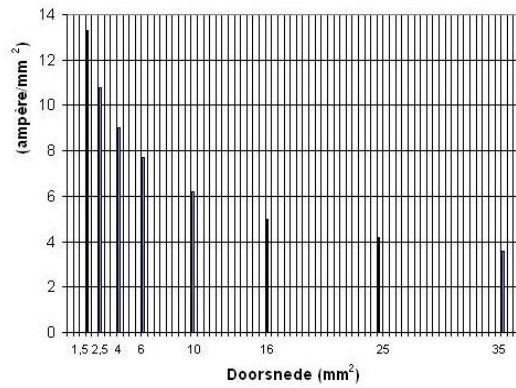


Fig. 42 Stroombelastbaarheid.

Stroombelastbaarheid en stroomdichtheid van 3-aderige kabels met aderisolatie van vinyl		
Doorsnede (mm <sup>2</sup> )	Toegelaten stroom (ampère)	Stroomdichtheid (ampère/mm <sup>2</sup> )
1,5	19,5	13,3
2,5	27	10,8
4	36	9
6	46	7,7
10	62	6,2
16	80	5
25	105	4,2
35	125	3,6
50	155	3,1
70	195	2,8
95	235	2,5
120	270	2,3
150	310	2,1





185	345	1,9
240	385	1,6
300	425	1,4
400	490	1,2

Tabel 2

Voor een goed inzicht in de stroombelastbaarheid, is in de bijbehorende grafiek alleen het gebied van 1,5 mm<sup>2</sup> tot 35 mm<sup>2</sup> weergegeven. Opvallend is, dat naarmate de doorsnede van de geleidingen groter wordt, de toegestane stroom niet in gelijke mate stijgt. Dit is nog beter te zien in de derde kolom van de tabel die de stroomdichtheid van deze geleiders weergeeft. In de grafiek hierbij komt dat duidelijk tot uitdrukking.

Men zou verwachten dat als bij een geleider van 2,5 mm<sup>2</sup> een stroom van 27 ampère is toegestaan, bij 25 mm<sup>2</sup> een stroom van 270 ampère zou mogen worden toegelaten. Dit is duidelijk niet het geval, zoals de tabel laat zien.

De in de geleiders ontwikkelde warmte moet aan de buitenzijde van de geleider — dus aan de omtrek hiervan — aan de omgeving worden afgegeven. Bij stijging van de doorsnede, houdt de omtrek van de geleider echter geen gelijke tred met de doorsnede ervan.

Als bijvoorbeeld de doorsneden 4 mm<sup>2</sup> en 16 mm<sup>2</sup> worden genomen, dus met een oppervlakteverhouding van 1:4, dan geldt, teruggerekend naar de omtrek, dat de verhouding hier ligt op  $\frac{1}{\sqrt{4}} = \frac{1}{2}$ . Bij 10 mm<sup>2</sup> en bijvoorbeeld 400 mm<sup>2</sup> gelden de verhoudingen 1:40 voor de doorsneden en  $\frac{1}{\sqrt{40}} = \frac{1}{2\sqrt{10}}$  voor de omtrekken. Het komt erop neer dat, gerekend vanuit de diameter van de leiding, de stijging van de doorsneden kwadratisch verloopt en de stijging van de omtrekken lineair. Naarmate de doorsnede groter wordt, gaat warmteoverdracht door conductie iets omhoog en wordt ook het aandeel van de convectie wat groter, zodat het geheel niet al te dramatische vormen aanneemt.

### Stroomverdringing

Er is nog een belangrijk fenomeen aanwezig bij het stijgen van de doorsneden. Het blijkt dat bij transport van wisselstroom de geleiders een zekere stroomverdringing ondervinden. Men noemt dit ook wel het skineffect. Stroomverdringing wil zeggen, dat niet de gehele geleiderdoorsnede benut wordt voor het transport van elektriciteit, maar dat de kernen van de geleiders in mindere mate meedoen. De indringdiepte van de stroom is bij de normaal geldende netfrequentie van 50 Hz ongeveer 10 mm. Bij kleine doorsneden is dit effect dus nauwelijks van belang, maar naarmate de geleiderdoorsnede stijgt, wordt de invloed van dit effect groter.

Bij 400 mm<sup>2</sup> doet een kern van circa 2,5 mm doormeter niet mee aan de stroomgeleiding, wat omgerekend naar de diameter neerkomt op ruim 1,2%. Bij een doorsnede van 1000 mm<sup>2</sup> is dit al een kern van circa 15 mm  $\varnothing$  geworden, en is dus ongeveer 19% van de doorsnede inactief. Dit is één van de redenen waarom dan ook veelal holle geleiders voor de hoofdverdeel-inrichtingen worden gekozen bij grote in- en uitgaande transporten van elektriciteit, zoals dat in de onderstations in het hoogspanningsnet het geval is.



### Leidingverliezen

Door de stroom  $I$  die een belasting  $P$  van een installatie opneemt treden in de leidingen van en naar de installatie verliezen op, die in twee categorieën kunnen worden onderscheiden, namelijk spanningsverliezen en vermogensverliezen.

### Verliesgevende elementen

Een leiding die op een wisselstroom is aangesloten, heeft naast een bedrijfswaerstand  $R$  ook een bedrijfsinductie  $L$ , meestal leidingreactantie genoemd. Beide elementen zijn gelijkmatig over de leiding verdeeld, en bepalen samen het leidingverlies. De bedrijfswaerstand  $R$  van een leiding levert spanningsverliezen en vermogensverliezen op. De leidingreactantie  $L$  — algemeen aangeduid met  $X$  ( $= \omega L = 2\pi fL$ ) — levert alleen spanningsverliezen op.

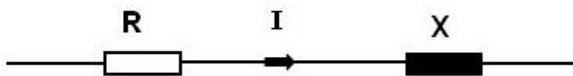


Fig. 43 Leidingelementen

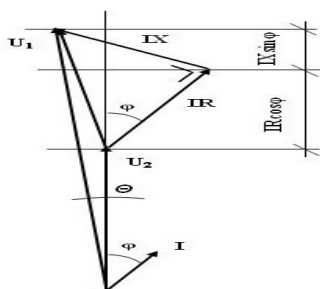
### Spanningsverliezen

Als de stroom  $I$  van een belasting door een leiding vloeit, dan blijkt de spanning  $U_2$  aan het eind van de leiding lager te zijn dan de voedende spanning  $U_1$ . Om dit verschil — het spanningsverlies  $U_v$  — vast te stellen, moeten de spanningsverliezen over de elementen  $R$  en  $X$  worden bepaald.

Als de belasting voornamelijk is opgebouwd uit motoren, gasontladingslampen of andere inductieve toestellen, dan is er een faseverschuiving  $\phi$  in de installatie aanwezig, waarbij de stroom  $I$  ten opzichte van de spanning is verschoven. Hierbij is het spanningsverlies  $U_{vR}$  over de bedrijfswaerstand  $R$  gelijk aan  $I \cdot R$ , en het spanningsverlies  $U_{vX}$  over de bedrijfsinductiviteit  $X$  gelijk aan  $I \cdot X$ . Vectorieel gezien (zie diagram) loopt  $I \cdot R$  evenwijdig met  $I$ , en staat  $I \cdot X$  daar loodrecht op. Tussen de spanningen  $U_1$  en  $U_2$  is de hoek  $\Theta$  aanwezig, die meestal kleiner dan  $6^\circ$  is en daardoor verwaarloosd mag worden aangezien  $\cos \Theta = 0,9945 \approx 1$ .

Uit het diagram valt verder af te leiden dat het spanningsverlies  $U_{vR}$  over de weerstand  $R = I \cdot R \cos \phi$  en het spanningsverlies  $U_{vX}$  over de reactantie  $X = I \cdot X \sin \phi$ . Het spanningsverlies over de leiding bij een inductieve belasting wordt hierdoor:  $U_v = I (R \cos \phi + X \sin \phi)$  volt. Als de belasting capacitief is, wordt het spanningsverlies  $U_v = I (R \cos \phi - X \sin \phi)$  volt, zodat in het algemeen de formule voor het spanningsverlies kan worden geschreven als:

$$U_v = I (R \cos \phi \pm X \sin \phi) \text{ volt.}$$



Vervangingschema



Specifieke waarden van YMvK mb-kabel			
Doorsnede (mm <sup>2</sup> )	(maximale) geleiderweerstand R (Ω/km)	leidingreactantie L (mH/km)	omgerekende leidingreactantie X (Ω/km)
1,5	12,1	0,33	0,10
2,5	7,4	0,31	0,11
4	4,6	0,3	0,094
6	3,1	0,28	0,088
10	1,8	0,26	0,082
16	1,15	0,25	0,079
25	0,73	0,24	0,075
35	0,52	0,23	0,072
50	0,38	0,20	0,063
70	0,27	0,19	0,060
95	0,19	0,18	0,057
120	0,15	0,17	0,053
150	0,12	0,17	0,053
185	0,10	0,17	0,053
240	0,075	0,16	0,050

Tabel 3

### Getallenvoorbeelden

Via een YMvK-kabel, met een lengte van 300 meter, wordt een driefasen installatie van 400 V gevoed met een stroom van 150 A. Als de arbeidsfactor ( $\cos \phi$ ) van deze installatie bijvoorbeeld 0,85 is en de kabeldoorsnede 70mm<sup>2</sup> dan is het spanningsverlies over de leiding te berekenen met  $U_v = I \times R \cos \phi \sqrt{3}$  en de gegevens uit de tabel voor de YMvK mb kabel.

Het spanningsverlies blijkt te zijn:

$U_v = 150 \times 0,3 \text{ km} \times 0,27 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0,85 \sqrt{3} = 17,9 \text{ V}$ , wat overeenkomt met  $17,9/4 \approx 4,5\%$ , wat nog net een



toegestane waarde is, aangezien de maximale grenswaarde 5% is.

Als  $I = 300$  A wordt gekozen bij een doorsnede  $> 120\text{mm}^2$ , namelijk  $185\text{mm}^2$ , dan vormt nu de leiding reactantie X een deel van het spanningsverlies.

Als uit  $\cos \phi = 0,85$  wordt afgeleid, dat  $\sin \phi = 0,53$ , dan wordt het spanningsverlies:

$U_v = 300 \times (0,03 \times 0,85 + 0,0159 \times 0,53)\sqrt{3} = 17,7$  V (= 4,4%). Zou X worden genegeerd, dan zou

$U_v = 13,2$  V, wat dus maar 3,3% van de netspanning is.

Het vermogensverlies  $P_v$  in de kabel van  $185\text{mm}^2$  is volgens  $3 \times I^2 \times R = 3 \times 300^2 \times 0,03 = 8100$  watt oftewel 8,1 kW. Het opgenomen vermogen van de installatie bedraagt volgens  $P_w = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos\phi = 400 \times 300 \times \sqrt{3} \times 0,85 = 176.669$  watt = 176,7 kW. Het vermogensverlies in de leiding is  $8,1/1,77 \approx 4,6\%$ . Gerekend over een jaar bij een belastingsgraad van 75% en een belastingstijd van 8 uur, is de opgenomen energie in de kabel =  $0,75 \times 8 \times 365 \times 8,1 =$

17.740 kWh.

In de laagspanningsnetten 230/400 V hoeft met het reactieve gedeelte van het spanningsverlies geen of nauwelijks rekening te worden gehouden, aangezien dit pas bij een doorsnede van  $120\text{mm}^2$  en hoger een rol gaat spelen. Dit houdt in dat men voor het spanningsverlies in laagspanningsnetten voor 230V meestal schrijft:  $U_v = I \times R \cos \phi$ , en voor de driefasenspanning 400 V:  $U_v = I \times R \cos \phi\sqrt{3}$ . Dit houdt ook in dat het spanningsverlies voor leidingen tot  $120\text{mm}^2$  niet verandert als een installatie is uitgerust met  $\cos \phi$ -compensatie.

Bij kabels voor 10 kV en hoger mag tot  $95\text{mm}^2$  het aandeel van X worden verwaarloosd, maar bij bovengrondse hoogspanningslijnen moet door de opbouw en de doorsnede hiervan het reactieve gedeelte altijd in de berekeningen worden betrokken, en geldt gewoon:  $U_v = I (R \cos \phi \pm X \sin \phi) \sqrt{3}$  volt.

### 1.10.2 Vermogensverliezen

De stroom I zorgt ervoor dat in leidingen vermogensverlies door warmteontwikkeling ontstaat. Het vermogen P dat in de bedrijfsweerstand R wordt ontwikkeld wordt omschreven als:  $P_v = I^2 \cdot R$  (watt). Bij een driefasen-spanning zijn drie geleiders aanwezig die alle drie de bedrijfsweerstand R bezitten, zodat het vermogensverlies hierbij moet worden geformuleerd als:  $P_v = 3 \cdot I^2 \cdot R$  (watt). Bij kabels voor 10 kV en bij hoogspanningslijnen is er ook een element waar rekening mee moet worden gehouden, namelijk de capaciteit. Het blijkt dat tussen de geleiders onderling en tussen de geleiders en aarde een bepaalde capaciteit C aanwezig is die voor een zogenaamde laadstroom zorgt. Deze laadstroom maakt dat de bedrijfsstroom toeneemt, waardoor de vermogensverliezen en de spanningsverliezen groter worden. De grootte van de capaciteit en de laadstroom hangt samen met de lengte van de leiding, de onderlinge afstand van de geleiders en de afstand naar aarde. De formules voor het berekenen zijn vrij ingewikkeld.

Bij de hoogspanningslijnen is nog een extra element werkzaam, dat verliezen oplevert, namelijk de isolatieweerstand. De isolatieweerstand  $R_A$  (A als afkorting voor "aarde") geeft aan dat er tussen de geleider en de aarde geen oneindig hoge weerstand aanwezig is, maar dat via de isolatoren, afhankelijk van uitwendige omstandigheden als vocht en vuil, een zekere geleiding ontstaat en kleine lekstromen worden gevormd, waardoor er vermogensverlies optreedt.



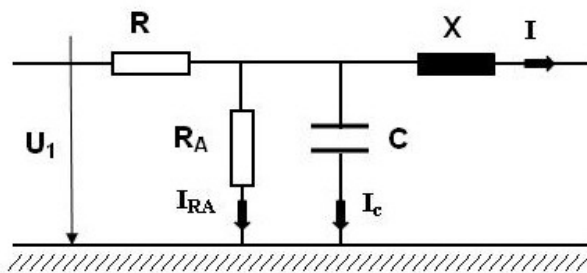


Fig. 44 Vervangingsschema hoogspanning

Verder treedt er bij spanningen  $> 100$  kV een verschijnsel op, dat wordt aangeduid met 'corona'. Corona ontstaat doordat de lucht om een geleider doorslaat (ioniseert), zodra de veldsterkte om die geleider de doorslaggrens van lucht overschrijdt, waardoor er ook verlies ontstaat. Het totale vermogensverlies  $P_A$ , dat door de aanwezigheid van  $R_A$  ontstaat, wordt uitgedrukt als  $P_A = U^2/R_A$  (watt). Voor dit verlies wordt meestal gemiddeld 1 kW/km aangehouden.

### 1.9.3 Producenten

Een aantal grote producenten van elektriciteitsleidingen:

- Draka (in 2011 overgenomen door Prysmian)
- General Cable
- NKF (in 1999 opgenomen in het Draka concern en in 2000 overgenomen door Pirelli Cavi)
- Nexans
- NKT Cables Group
- Pirelli Cavi (in 2005 verkocht door Pirelli aan Goldman Sachs, nieuwe naam: Prysmian)
- Prysmian (vanaf 2011 het grootse kabelbedrijf ter wereld)
- Tele-Fonika Kable Sp. z o.o.
- Twentsche Kabelfabriek (TKF)

### Energie verliezen in transformatoren, gelijkrichters en netadapters

In dit artikel beschrijf ik metingen aan transformatoren, gelijkrichters en netadapters. Het doel is, om te zien of er energie te besparen is door de toepassing van de juiste componenten.

### E-I transformator versus ringkern transformator

Om te beginnen heb ik de energieverliezen gemeten in twee transformatoren, beide met een vermogen van 50 VA. Één transformator is een conventionele transformator met een E-I kern. De andere transformator is een ringkern transformator.





Fig. 45 E-I kern transformator 2x 24 V 50 VA



Fig. 46 Ringkern transformator 2x 9V 50 VA

Van de transformators heb ik de uitgangsspanning gemeten, bij diverse belasting weerstanden. Het ingangsvermogen van de transformator is gemeten met mijn energiemeter. Uit deze gegevens heb ik het uitgangsvermogen, het vermogensverlies, en het rendement van de transformator berekend.

Het rendement is het uitgangsvermogen gedeeld door het ingangsvermogen. Het vermogensverlies is het verschil tussen uitgangsvermogen en ingangsvermogen, het vermogensverlies wordt omgezet in warmte in de transformator.

De twee transformators hebben verschillende uitgangsspanningen, daarom gebruik ik voor de twee transformators verschillende waarden belasting weerstanden. Van de transformators had ik de uitgangswindingen in serie geschakeld

Belasting weerstanden parallel	Uitgang spanning (Volt AC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-		9,1	0,000	0,000	9,100
1x 560 $\Omega$	51,0	18,1	4,645	0,257	13,455
2x 560 $\Omega$	50,6	21,9	9,144	0,418	12,756
3x 560 $\Omega$	50,2	25,3	13,500	0,534	11,800
4x 560 $\Omega$	49,8	28,7	17,715	0,617	10,985
6x 560 $\Omega$	49,1	35,5	25,830	0,728	9,670
8x 560 $\Omega$	48,5	42,6	33,604	0,789	8,996
10x 560 $\Omega$	47,7	49,3	40,630	0,824	8,670

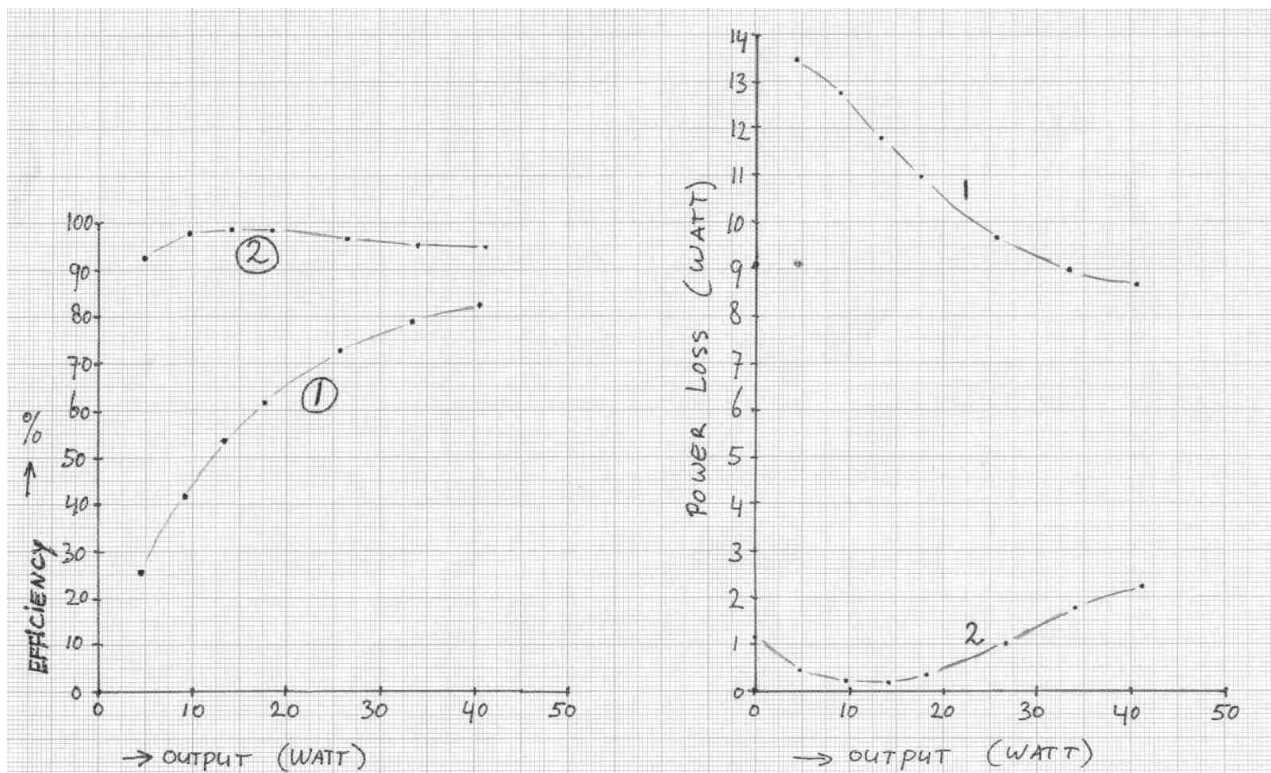
Tabel 4. Verliezen in E-I kern transformator 2x 24 V en 50 VA.





Belasting weerstanden parallel	Uitgang spanning (Volt AC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-		1,16	0,000	0,000	1,160
1x 82 $\Omega$	20,1	5,33	4,927	0,924	0,403
2x 82 $\Omega$	20,0	9,97	9,756	0,979	0,214
3x 82 $\Omega$	19,7	14,38	14,198	0,987	0,182
4x 82 $\Omega$	19,4	18,70	18,359	0,982	0,341
6x 82 $\Omega$	19,1	27,70	26,693	0,964	1,007
8x 82 $\Omega$	18,7	35,90	34,116	0,950	1,784
10x 82 $\Omega$	18,4	43,50	41,288	0,949	2,212

Tabel 5. Verliezen in ringkern transformator 2x 9 V 50 VA.



Grafiek 1:

Rendement (efficiency) versus uitgangsvermogen en vermogensverlies (power loss) versus uitgangsvermogen.



- 1 = E-I kern transformator (zie tabel 1)
- 2 = Ringkern transformator (zie tabel 2)

### Verliezen in gelijkrichters.

De volgende metingen laten het effect zien van diverse soorten gelijkrichters op het vermogensverlies.

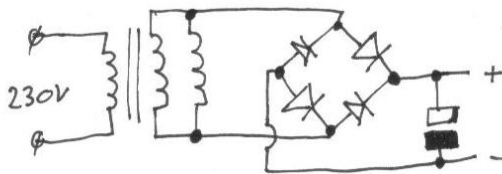


Fig. 47

De ringkern transformator 2x 9V 50 VA is op deze wijze aangesloten op een gelijkrichter circuit. De twee 9 V windingen staan parallel, de gelijkrichter bestaat uit 4 silicium diodes (3,7 A brugcel). De waarde van de elco is 4700  $\mu$ F.

Belasting weerstand parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	13,46	1,17	0,000	0,000	1,170
1x 47 $\Omega$	12,26	3,98	3,198	0,804	0,782
2x 47 $\Omega$	11,84	7,22	5,965	0,826	1,255
3x 47 $\Omega$	11,53	10,15	8,486	0,836	1,664
4x 47 $\Omega$	11,28	13,14	10,829	0,824	2,311
6x 47 $\Omega$	10,80	18,67	14,890	0,798	3,780
8x 47 $\Omega$	10,40	23,41	18,410	0,786	5,000
10x 47 $\Omega$	10,03	27,95	21,404	0,766	6,546

Tabel 6. Verliezen in ringkern transformator + 4 silicium diodes, overeenkomstig schema 1.





## Gelijkrichter met 2 silicium diodes

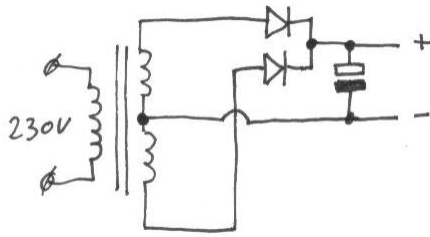


Fig. 48

De gelijkrichter is nu op deze wijze aangesloten, met twee silicium diodes (in plaats van 4).

De twee diodes zijn onderdeel van de 3,7A brugcel uit schema 1, de twee andere diodes blijven ongebruikt.

De twee windingen van de transformator staan nu in serie.

De transformator is dezelfde 2x 9V 50VA ringkern.

De waarde van de elco is 4700  $\mu$ F.

Belasting weerstand parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	13,95	1,17	0,000	0,000	1,170
1x 47 $\Omega$	12,94	4,00	3,563	0,891	0,436
2x 47 $\Omega$	12,47	7,46	6,617	0,887	0,843
3x 47 $\Omega$	12,10	10,60	9,345	0,882	1,255
4x 47 $\Omega$	11,80	13,60	11,850	0,871	1,750
6x 47 $\Omega$	11,23	19,05	16,100	0,845	2,950
8x 47 $\Omega$	10,78	23,86	19,780	0,829	4,080
10x 47 $\Omega$	10,30	28,06	22,572	0,804	5,488

Tabel 7: Verliezen in ringkern transformator + 2 silicium diodes, in overeenstemming met schema 2.



### Gelijkrichter met 2 schottky diodes

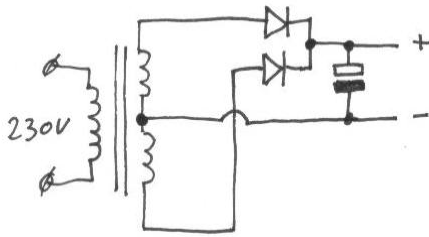


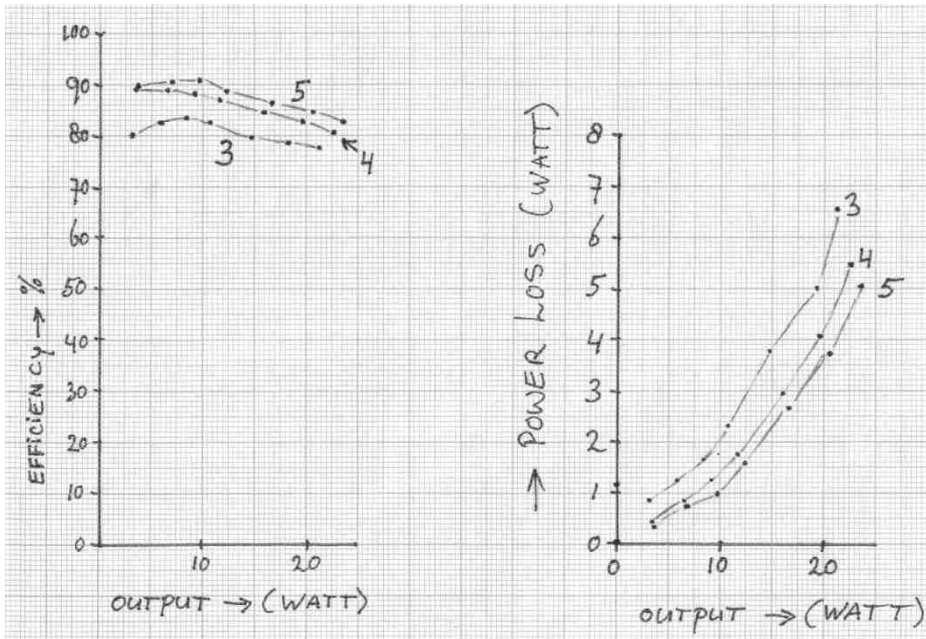
Fig. 49

Nu zijn de 2 silicium diodes vervangen door 2 schottky diodes van het type MBR360 (3A 60V). De transformator is dezelfde 2x 9V 50VA ringkern. De waarde van de elco is 4700  $\mu$ F.

Belasting weerstanden parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	14,22	1,17	0,000	0,000	1,170
1x 47 $\Omega$	13,30	4,20	3,764	0,896	0,436
2x 47 $\Omega$	12,79	7,69	6,961	0,905	0,729
3x 47 $\Omega$	12,43	10,86	9,862	0,908	0,998
4x 47 $\Omega$	12,10	14,06	12,460	0,886	1,600
6x 47 $\Omega$	11,48	19,51	16,824	0,862	2,686
8x 47 $\Omega$	11,00	24,32	20,596	0,847	3,724
10x 47 $\Omega$	10,57	28,80	23,771	0,825	5,029

Tabel 8. Verliezen in ringkern transformator + 2 schottky diodes, overeenkomstig schema 3.





Grafiek 2: De waarden voor rendement en vermogensverlies uit tabel 3, 4 en 5 zijn weergegeven in deze grafieken.

Het gebruik van 2 schottky diodes geeft het beste rendement, en het laagste vermogensverlies.

Verliezen in diverse soorten voedingen en adapters

Ringkern 2x 6V 15 VA

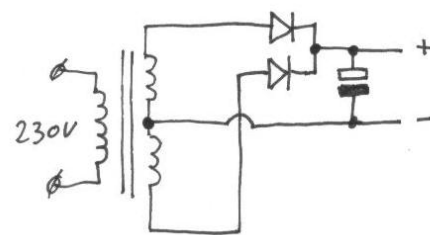
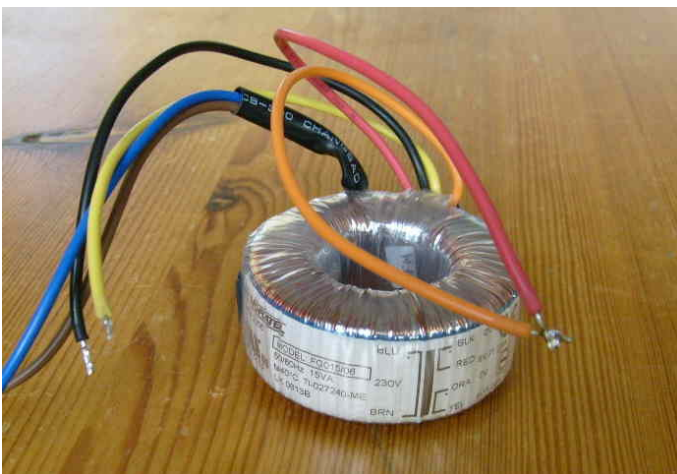


Fig. 50

Deze voeding heb ik gebouwd met de volgende componenten:

1. Ringkern transformator 2x 6V 15 VA
2. Schottky diodes MBR360 en een elco van 4700  $\mu$ F.



De uitgangsspanning is niet gestabiliseerd.

Belasting weerstand parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	9,48	< 0,50*	0,000	0,000	< 0,500
1x 82 Ω	8,95	1,18	0,977	0,828	0,203
2x 82 Ω	8,65	2,11	1,825	0,865	0,285
3x 82 Ω	8,41	3,05	2,588	0,848	0,462
4x 82 Ω	8,20	3,98	3,280	0,824	0,700
5x 82 Ω	8,01	4,63	3,912	0,845	0,718
6x 82 Ω	7,84	5,56	4,497	0,809	1,063
8x 82 Ω	7,50	6,94	5,488	0,791	1,452
10x 82 Ω	7,23	8,07	6,375	0,790	1,695

Tabel 9. Ringkern transformator 2x 6V 15 VA

\* mijn energiemeter kan geen vermogens lager dan 0,5 W meten.

### Schakelende adapter.



Fig. 51 Schakelende adapter. Merk: HQ. Model: P.SUP.SMP1-BL



Deze adapter is instelbaar tussen de 3 en 12 Vdc. De uitgangsspanning is gestabiliseerd en dus constant. Maar ik heb wel gemerkt dat deze adapter storing kan veroorzaken als hij is aangesloten op b.v. radio's of telefoons. Deze adapter is getest bij 9 volt uitgangsspanning.

Belasting weerstanden parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	9,06	< 0,50	0,000	0,000	< 0,500
1x 82 Ω	9,05	1,87	0,999	0,534	0,871
2x 82 Ω	9,04	3,01	1,993	0,662	1,017
3x 82 Ω	9,02	4,40	2,977	0,677	1,423
4x 82 Ω	9,00	5,56	3,951	0,711	1,609
5x 82 Ω	8,98	6,72	4,917	0,732	1,803
6x 82 Ω	8,97	8,14	5,887	0,723	2,253
7x 82 Ω	8,95	9,30	6,838	0,735	2,462

Tabel 10. Schakelende adapter

**Niet gestabiliseerde adapter.**

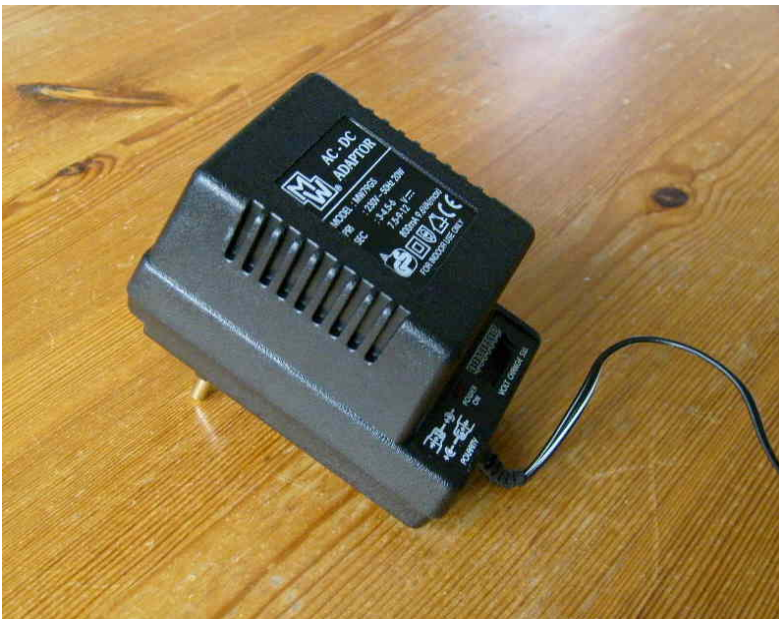


Fig. 52 Niet gestabiliseerde adapter. Merk: MW. Model: MW79GS

De uitgangsspanning is instelbaar tussen 3 en 12 V, en getest bij 9 V. De maximale uitgangsstroom is 800 mA.





De adapter heeft intern een kleine E-I transformator.

Belasting weerstand parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	12,42	2,22	0,000	0,000	2,220
1x 82 $\Omega$	11,56	6,68	1,630	0,244	5,050
2x 82 $\Omega$	10,99	7,58	2,946	0,389	4,634
3x 82 $\Omega$	10,50	8,25	4,034	0,489	4,216
4x 82 $\Omega$	10,08	8,97	4,956	0,553	4,014
5x 82 $\Omega$	9,74	9,63	5,785	0,601	3,845
6x 82 $\Omega$	9,40	10,21	6,465	0,633	3,745

Tabel 11. Niet gestabiliseerde adapter 800 mA

### Gestabiliseerde adapter



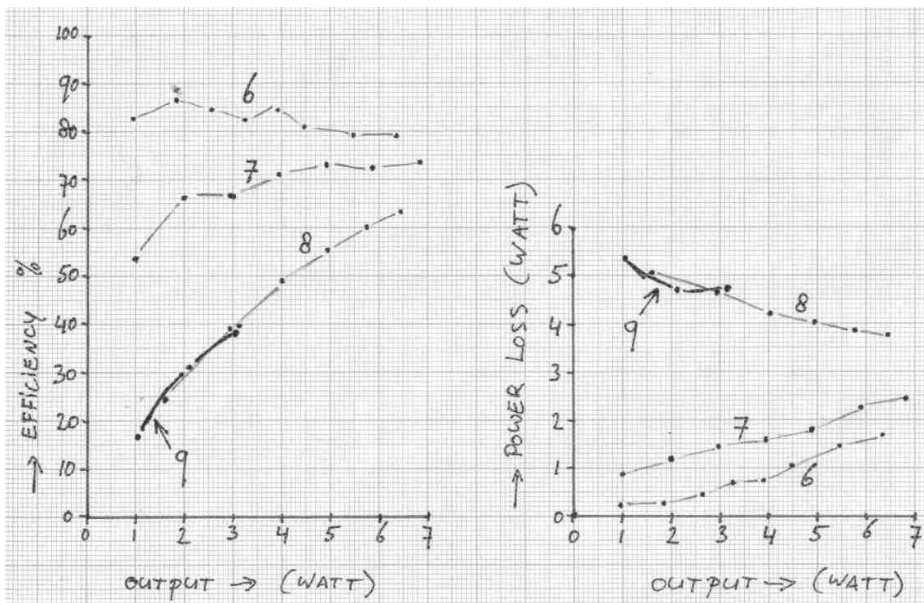
Fig. 53 Gestabiliseerde adapter. Merk: Skytronic. Model: MW300GS

De uitgangsspanning is instelbaar tussen 1,5 en 12 V, en getest bij 9V.  
De maximum uitgangsstroom is 300 mA.



Belasting weerstand parallel	Uitgang spanning (Volt DC)	Ingang vermogen (Watt)	Uitgang vermogen (Watt)	Rendement	Vermogen verlies (Watt)
-	9,40	1,60	0,000	0,000	1,600
1x 82 $\Omega$	9,35	6,44	1,066	0,166	5,374
2x 82 $\Omega$	9,32	6,82	2,119	0,311	4,701
3x 82 $\Omega$	9,29	7,93	3,157	0,398	4,773

Tabel 12. Gestabiliseerde adapter



Grafiek 3:

Rendement en vermogensverlies voor:

6 = Voeding met ringkern transformator (zie tabel 6)

7 = Schakelende adapter (zie tabel 7)

8 = Niet gestabiliseerde adapter (zie tabel 8)

9 = Gestabiliseerde adapter (zie tabel 9)

#### 1.9.4 Conclusie elektriciteitsverlies

Door het toepassen van ringkern transformatoren is energie te besparen in voedingsapparaten.

Vooraf bij lage uitgangsstroom is de ringkern transformator veel beter dan de E-I kern transformator.

Ook door het toepassen van schottky diodes, en het gebruik van gelijkrichters met 2 diodes (in plaats van 4) kan energie bespaard worden.

Elke beperking van energieverlies, kan op lange termijn flink wat energie besparen. Elke Watt besparing, geeft per jaar een besparing van 8,76 kWh.



### 1.9.5 Opgave

Examenopgave natuurkunde 2006 tijdvak 2: opgave 2

Tinus probeert op school het transport van elektrische energie na te bootsen. Zij gebruikt daarvoor een wisselspanningbron twee identieke transformatoren, twee weerstanden van  $15\ \Omega$ , een fietslampje en een aantal snoertjes. In figuur 1 is de schakeling die zij maakt schematisch getekend.

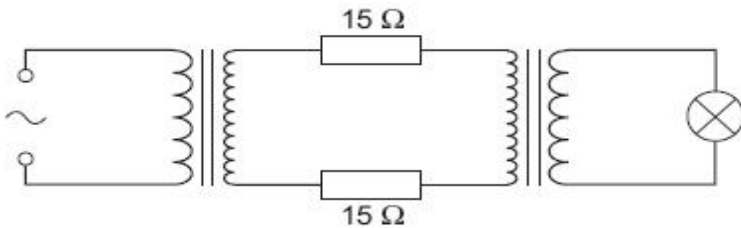


Fig. 54

Figuur 49 is een foto van de onderdelen van haar schakeling. De wisselspanningbron is al op de eerste transformator aangesloten. Neem Figuur 1 over.



Fig. 55

A. Teken in de foto op de uitwerkbijlage de overige verbindingsdraden zodat de schakeling van figuur 1 ontstaat.

In de schakeling van Tinus stelt een weerstand van  $15\ \Omega$  een hoogspanningskabel voor. Een echt hoogspanningskabel heeft een diameter (dikte) van 2,5 cm en is gemaakt van aluminium.

B. Bereken de lengte, in km, van een dergelijke hoogspanningskabel met een weerstand van  $15\ \Omega$ .

Als materiaal voor hoogspanningskabels heeft men gekozen voor aluminium en niet voor koper. Een reden daarvoor is dat aluminium goedkoper is dan koper. Als de materiaaleigenschappen van aluminium en koper met elkaar worden vergeleken, heeft aluminium zowel voordelen als nadelen.

C. Beantwoord de volgende vragen:

- Noem een materiaaleigenschap op grond waarvan aluminium de voorkeur verdient en geef aan welk voordeel dit oplevert.





- b. Noem ook een materiaaleigenschap op grond waarvan aluminium niet de voorkeur verdient en geef aan welk nadeel dit oplevert.
- c. Het verlies aan vermogen in een hoogspanningskabel is te berekenen met de formule:  $P_{\text{verlies}} = I^2 R$ . Hierin is  $I$  de stroomsterkte in de kabel en  $R$  de weerstand van de kabel.

D. Leg uit wat het voordeel is van hoogspanning bij energietransport.

Bij een zogenoemde ideale transformator gaat geen energie verloren in de transformator zelf. Tinus wil controleren of de transformatoren die ze gebruikt ideaal genoemd kunnen worden. Daarvoor meet ze in haar schakeling:

- De spanning tussen de polen van haar spanningsbron:  $U_{\text{bron}} = 6,7 \text{ V}$ ;
  - De stroomsterkte die de spanningsbron levert:  $I_{\text{bron}} = 0,55 \text{ A}$ ;
  - De stroomsterkte door de weerstanden van  $15 \Omega$ :  $I = 30 \text{ mA}$ ;
  - De spanning over het lampje:  $U_{\text{lamp}} = 3,2 \text{ V}$ ;
  - De stroomsterkte door het lampje:  $I_{\text{lamp}} = 0,33 \text{ A}$ .
- E. Controleer met een berekening of de gebruikte transformatoren ideaal zijn.

### 1.9.6 Antwoorden

A.

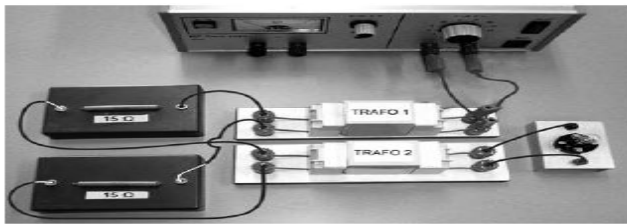


Fig. 56

B. Doorsnede van de draad:  $\pi R^2 = \pi \cdot (1,25 \cdot 10^{-2})^2 = 4,91 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ .  
Soortelijke weerstand aluminium:  $27 \cdot 10^{-9} \Omega \text{m}$  (BINAS).

$$R = \rho \cdot L / A$$

$$L = A \cdot R / \rho = 4,92 \cdot 10^{-4} \cdot 15 / (27 \cdot 10^{-9}) = 2,7 \cdot 10^5 \text{ m} = 2,7 \cdot 10^2 \text{ km}.$$

C.

Voordeel:

Aluminium heeft een kleinere dichtheid dan koper. Tussen twee hoogspanningsmasten zal het dus minder doorhangen, ofwel er zijn minder masten nodig.

Nadeel:

Aluminium heeft een grotere soortelijke weerstand dan koper. Om niet meer vermogensverlies te hebben dan koper moet de Al-draad dus dikker zijn.

Of:

De elasticiteitsmodulus van Al is kleiner dan die van Cu, koper is dus sterker, Al breekt eerder door.

Of:

De uitzettingscoëfficiënt van Al is groter dan die van Cu: bij zeer hoge temperatuur zal Al meer doorhangen, bij zeer lage temperatuur strakker gespannen zijn.



D. Het getransporteerd vermogen:  $P = i \cdot U$

Bij zeer hoge spanning  $U$  hoeft dus  $i$  niet zo groot te zijn en kun je het vermogensverlies  $i^2 R$  beperken.

E. Het vermogen dat de spanningbron levert moet, bij geen verlies in de trafo's gelijk zijn aan het vermogen dat de weerstanden opnemen + het vermogen dat het lampje opneemt.

$$P_{\text{bron}} = i \cdot U_{\text{bron}} = 0,55 \cdot 6,7 = 3,7 \text{ W}$$

$$P_{\text{weerstanden}} = i^2 \cdot R = (30 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 30 = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ W.}$$

$$P_{\text{lampje}} = 3,2 \cdot 0,33 = 1,1 \text{ W.}$$

Lampje en weerstanden samen zijn goed voor:  $1,1 + 0,027 = 1,13 \text{ W}$ , hetgeen veel minder is dan het door de spanningsbron geleverde vermogen. De transformatoren zijn dus verre van ideaal.

## 1.10 Verdeling elektriciteit

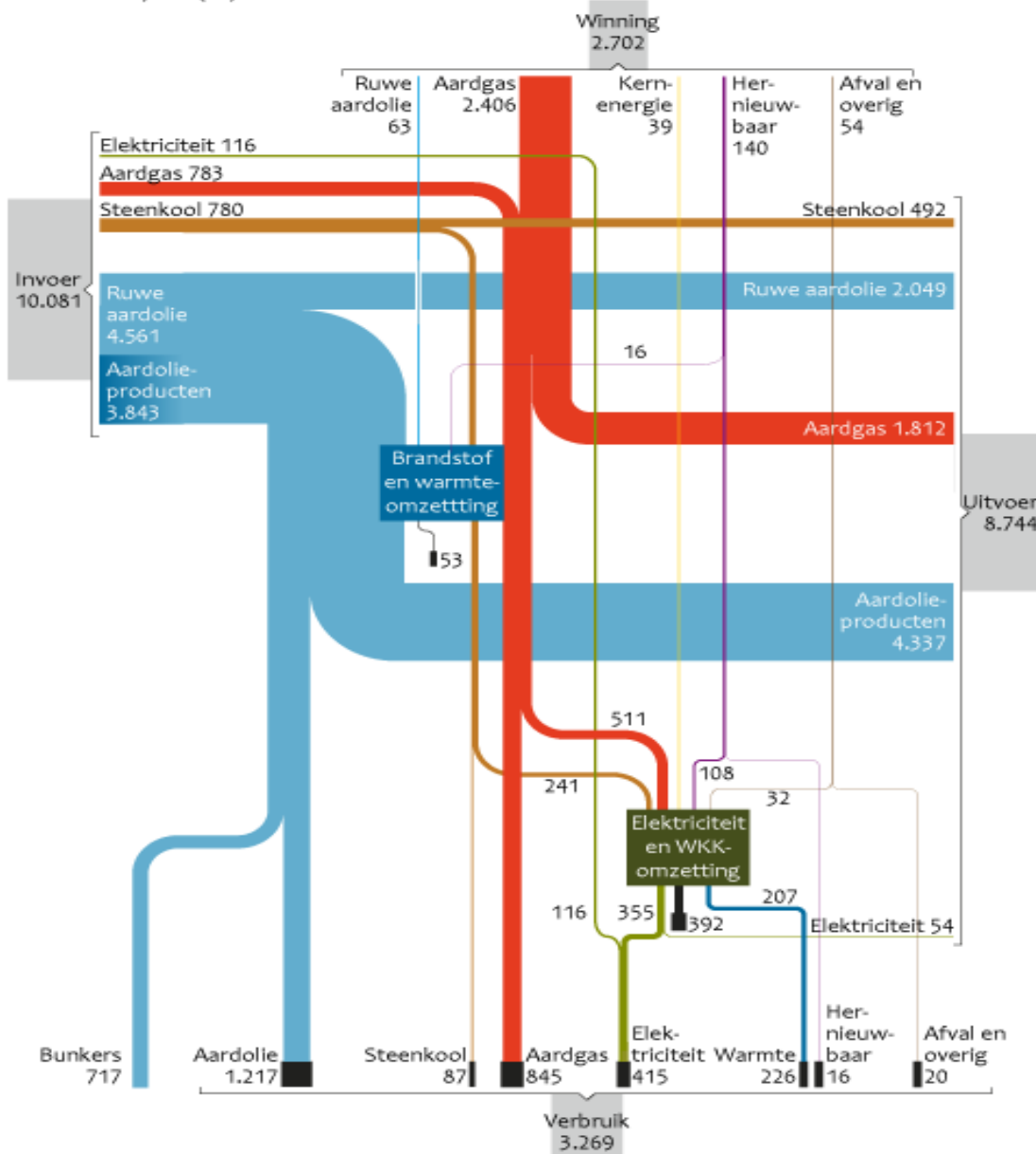
### Stroomdiagram energie voor Nederland, 2012

Het grootste deel van de energiedragers ruwe aardolie en aardolieproducten wordt ingevoerd. Het meeste aardgas dat wordt verbruikt komt uit de Nederlandse bodem.



## Energiestromen, 2012

Eenheid: 10<sup>15</sup> joule (PJ)



N.B. De som van de zwarte blokjes is het totale energieverbruik (finaal verbruik en saldi omzetting). In deze figuur zijn verschillende details verwaarloosd.

Bron: CBS.

CBS/jan14  
www.clo.nl/nl020118

Fig. 57 Energiestromen

### Toelichting bij het stroomschema

Het stroomschema energie geeft een grafische voorstelling van de winning, invoer, uitvoer, bunkers en verbruik van de energiedragers ruwe aardolie, aardgas, steenkool, hernieuwbare energie, kernenergie, warmte en afval en andere energiedragers in 2012. De indicator 'Aanbod en verbruik van energiedragers in Nederland, 2012' geeft de energiedragerbalans in tabelvorm.



### Aanbod van energiedragers

Het energieaanbod wordt bepaald door zowel de winning, invoer, uitvoer, bunkers als ook de voorraadmutatie van energiedragers. In het stroomschema wordt de voorraadmutatie verwaarloosd.

### Winning en invoer van energiedragers

In Nederland wordt vooral aardgas gewonnen, en in mindere mate hernieuwbare energie. De invoer van energiedragers betreft vooral ruwe aardolie, aardolieproducten, aardgas en steenkool.

### Verbruik van energiedragers

Het totale energieverbruik in Nederland (de som van de zwarte blokjes) is 3 269 PJ. Dit is ongeveer een kwart van de totale invoer plus winning. Een deel van de energiedragers wordt omgezet in een andere vorm, zoals ruwe aardolie in benzine en aardgas of steenkool in elektriciteit.

### Bunkers

Bunkers tellen niet mee voor het energieverbruik van Nederland. Het betreft de levering van brandstof voor de internationale scheepvaart en voor de internationale luchtvaart. Dit betreft schepen of vliegtuigen die vertrekken uit Nederlandse havens en aankomen in/op buitenlandse (lucht)havens. De bunkers kunnen daardoor ook worden gezien als een vorm van uitvoer.

Veel meer informatie in het dossier energieverbruik in Nederland staat in de volgende zeer goed te begrijpen internetsite. <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0053-Energiebalans-Nederland-%28tabel%29.html?i=6-40>

## 1.11 Selectiviteit

Selectiviteit is een belangrijk begrip binnen elektrische installaties, waarin twee of meer beveiligingstoestellen aanwezig zijn tussen de voeding en de foutplaats.

Indien er gesproken wordt van selectiviteit tussen twee in serie staande beveiligingstoestellen betekent dit alleen het beveiligingstoestel dat het dichtst bij de foutplaats zit, reageert. Aan de hand van de schematische opzet in is dit nader te verduidelijken.

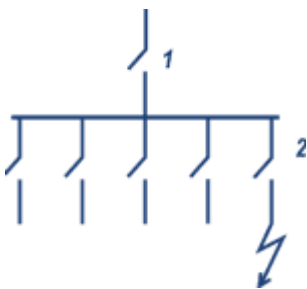


Fig. 51 Serieschakeling van 2 beveiligingstoestellen.

Stel dat er achter beveiligingstoestel 2 een kortsluiting ontstaat. De kortsluitstroom loopt door beide beveiligingstoestellen. Om de gevolgen van de kortsluiting tot een zo klein mogelijk gedeelte van de installatie te beperken, moet alleen het beveiligingstoestel dat het dichtst bij de kortsluiting geplaatst is, de kortsluitstroom onderbreken. In figuur 1 betekent dit dat beveiligingstoestel 2 de foutstroom afschakelt, voordat beveiligingstoestel 1 'weet' dat er een kortsluitstroom aanwezig is. Indien dit inderdaad het geval is, wordt er van een selectieve beveiliging gesproken.



De beveiligingstoestellen 1 en 2 zijn dan selectief ten opzichte van elkaar.

### 1.11.1 Selectiviteit van patronen onderling

Volgens IEC 60269 moeten alle gG patronen (snel of traag) die aan de IEC 60269 voldoen, selectief zijn ten opzichte van elkaar indien de factor tussen de nominaalstromen 1,6 of meer is.

Wanneer in de voeding van een verdeler bijvoorbeeld een 160 A patroon is toegepast en in een afgaand veld een 80 A patroon dan zal een overbelastingsstroom of kortsluitstroom die is ontstaan door een fout achter de 80 A patroon altijd worden afgeschakeld door alleen de 80 A patroon. We spreken dan over absolute selectiviteit.

Voor Eaton Holec mespatronen mag uitgegaan worden van een factor 1,25 in nominaalstroom voor absolute selectiviteit. Dit geldt voor trage patronen onderling en snelle patronen onderling.

### 1.11.2 Selectiviteit van vermogenschakelaars onderling

Bij vermogenschakelaars wordt gesproken van stroomselectiviteit en tijdselectiviteit. Onder stroomselectiviteit wordt verstaan de selectiviteit van onvertraagde vermogenschakelaars (hiermee wordt bedoeld dat de magnetische maximaal niet vertraagd is), terwijl bij tijdselectiviteit wordt uitgegaan van een vermogenschakelaar met een vertraagde werking van de magnetische maximaal.

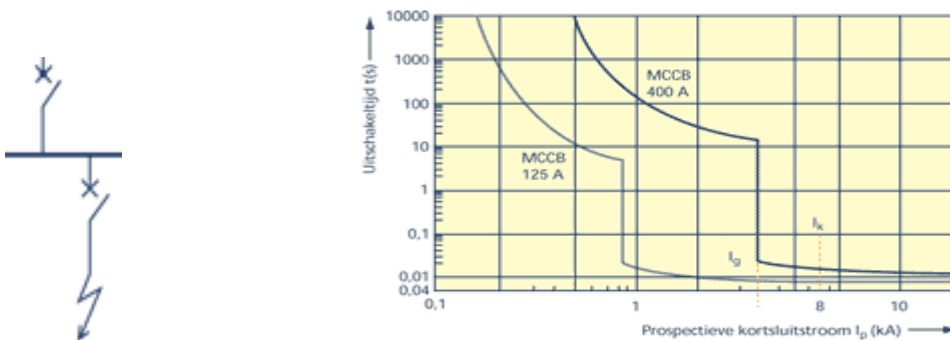


Fig. 58 Serieschakeling van 2 vermogenschakelaars (380A en 125A): stroomselectiviteit

Uit de in figuur 52 weergegeven stroom-tijd karakteristiek blijkt dat, indien twee onvertraagd gestaffelde vermogenschakelaars in serie worden geplaatst, deze ten opzichte van elkaar selectief zijn tot een grensstroom  $I_g$ . Indien de verwachte maximale kortsluitstroom ná de tweede schakelaar groter is dan grensstroom  $I_g$ , wordt geen volledige selectiviteit bereikt. Bij een dergelijke kortsluitstroom worden namelijk de magnetische maximaal van beide vermogenschakelaars getripped.

Kortom: twee in serie geschakelde vermogenschakelaars zijn selectief ten opzichte van elkaar tot een grensstroom die gelijk is aan de tripstroom van magnetische maximaal van de voorliggende vermogenschakelaar.

### Voorbeeld

Hoe groot is de grensstroom voor selectiviteit van een voorliggende 40 A D-karakteristieke automaat met een naliggende 16 A B-karakteristiek? De tripstroom van de magnetische maximaal van de 40 A automaat ligt tussen de 10-20 x  $I_n$ . (Zie BCD-karakteristiek)

Uitgaande van 15 x  $I_n$  zal de magnetische maximaal boven de 580 A altijd trippen. Dit is dus de grensstroom. We zien dat de grensstroom volledig door de voorliggende automaat wordt bepaald.



Bovenstaande houdt in dat wanneer we willen weten of een combinatie van vermogenschakelaars selectief is, we de hoogte van de prospectieve kortsluitstroom moeten berekenen.

Wanneer de magnetische maximaal of snelontgrendelaar van de voorliggende vermogenschakelaar in werking vertraagd kan worden, kan, zoals uit figuur 4 blijkt, de selectiviteitsgrens verhoogd worden. Er is dan sprake van tijdselectiviteit.

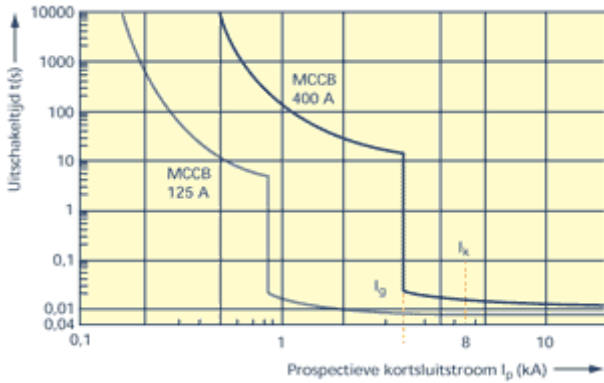


Fig. 59 Serieschakeling van 2 vermogenschakelaars (380A en 125A)

#### 1.11.4 Tijdselectiviteit

Tijdselectiviteit is mogelijk bij MCCB's, uitgerust met een elektronisch beveiligingsblok, met een nominaalstroom van 250A/380A of hoger. Doorgaans is er een grens aan de tijdvertraging: boven ca. 15 maal  $I_n$  schakelt de MCCB in alle gevallen onvertraagd omdat de MCCB anders thermisch te zwaar belast zou worden. Voor ACB's is er in principe geen grens voor de tijdvertraging.

Indien een serieschakeling van meerdere vermogenschakelaars van hetzelfde fabricaat toegepast wordt, kan gebruik gemaakt worden van de door de verschillende fabrikanten verstrekte selectiviteitstabellen. In tabel 1 is een voorbeeld gegeven.

	Hoofdschakelaar type						
		NF 250-SE	NF 400-SE	NF 630-SE	NF 800-CS	NF 800-SS	NF 1250-SS NF 1600-SS
	Schakelvermogen (kA)						
		50	50	50	35	50	85
NF 30-SS	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
NF 50-SH, NF 60-SH	10	5	7,5	10	10	10	10
NF 50-UH	125	10	50	50	35	50	85



NF 100-SS	25(22)	5	7,5	15	15	22	22
NF 100-CS	10	5	7,5	10	10	10	10
NF 100-SH	50	5	7,5	15	15	22	42
NF 100-US	125		14	50	25	50	85
NF 100-UH	170		50	50	35	50	85
NF 100-UR	200		50	50	35	50	85
NF 160-SS, NF 250-SS	25			10	10	15	22
NF 160-SH, NF 250-SH	50			10	10	15	20
NF 160-US	125			12	12	50	85
NF 160-UH	170			14	14	50	85
NF 250-UC	65				12	25	65
NF 250-US	125				12	50	85
NF 250-UH	170				14	50	85
NF 250-UR	225				14	50	85
NF 250-CS	15			10	10	15	15
NF 250-SE	50			10	10	13	20
NF 400-SE	50				10	13	20
NF 630-SE	50						20

Tabel 13. Selectiviteitstabel vermogensschakelaars.

In de tabel kan de waarde van  $I_g$ , de selectiviteitsgrens, afgelezen worden. Een serieschakeling van een NF 800-CS en een NF 80-US bijvoorbeeld is selectief tot 25 kA. Bij het gebruik van deze tabellen moet men zich realiseren dat voor de voorgeschakelde vermogensschakelaar geldt dat zowel de nominaalstroom als de magnetische maximaal op maximale waarde zijn ingesteld.



Indien vermogenschakelaars van verschillend fabricaat toepast worden, moet voor de selectiviteitsgrens  $I_g$  de waarde als bepaald in figuur 2 en figuur 3 aangehouden worden.

### 1.11.5 Selectiviteit tussen patronen en vermogenschakelaars

Beschouw eerst de situatie van een vermogenschakelaar met een nageschakelde patroon. Selectiviteit wordt bereikt indien de patroon de stroom heeft afgeschakeld voordat de vermogenschakelaar is aangesproken. Alhoewel ook in dit geval het criterium eenvoudig is, is de interpretatie in de praktijk dat niet. In de praktijk worden de karakteristieken van de vermogenschakelaar en de patroon met elkaar vergeleken, als weergegeven in figuur 4.

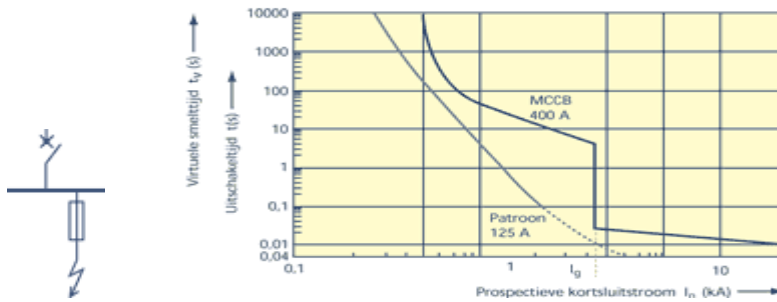


Fig. 60 Vermogenschakelaar met nageschakelde patroon.

In het gebied van de langere afschakeltijden van de vermogenschakelaar, in figuur 4 tot  $I_g$ , levert deze vergelijking geen problemen op. Immers na aanspreken van de vermogenschakelaar zal afschakeling relatief zeer snel volgen, met andere woorden aanspreektijd en afschakeltijd zijn nagenoeg aan elkaar gelijk. Echter voor prospectieve stromen groter dan  $I_g$  is dit niet meer het geval en kan de aanspreektijd veel kleiner zijn dan de afschakeltijd. En let wel: aanspreken van de schakelaar wordt net als doorsmelten van een patroon onherroepelijk gevolgd door afschakelen.

Indien de nominale stroom van de vermogenschakelaar en de patroon dicht bij elkaar liggen en  $I_g$  een te lage waarde zou hebben dient men in het kortsluitstroomgebied de magnetische maximaal van de vermogenschakelaar van een vertraging te voorzien.

Ook in deze situatie zal de hoogte van de prospectieve kortsluitstroom berekend moeten worden.

Bovengenoemde situatie kan ook omgedraaid worden, met andere woorden een vermogenschakelaar met een voorgeschakelde patroon. De selectiviteit zal in dit geval altijd een bovengrens hebben, daar voor grotere kortsluitstromen de patroon altijd sneller zal worden dan de vermogenschakelaar. Analyse aan de hand van de  $(I^2t-I_p)$  karakteristiek, als in figuur 5, geeft een goed inzicht.

In figuur 55 wordt selectiviteit tot een maximale stroom  $I_g$  bereikt. Om deze grens hoog genoeg te maken moet de nominaalstroom van de voorliggende patroon veelal 3-4 maal zo groot gekozen worden dan de nominaalstroom van de vermogenschakelaar.





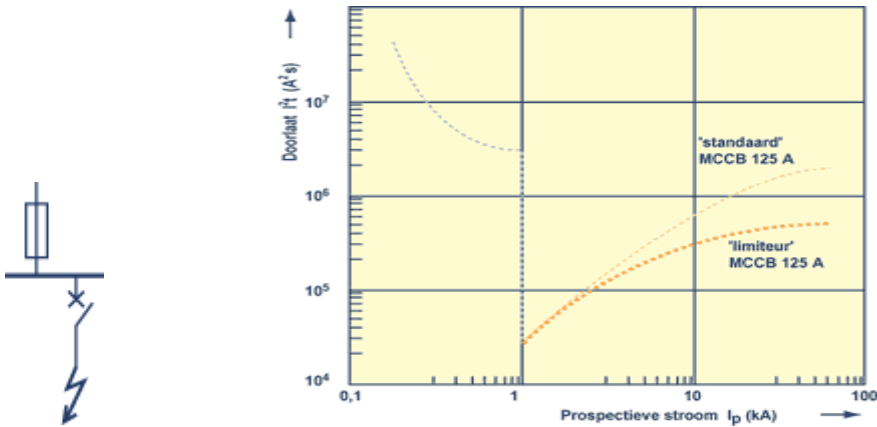


Fig. 61 Patroon met nageschakelde vermogenschakelaar.

Aangezien van de I2t-karakteristiek van automaten vaak niet bekend is, geven fabrikanten selectiviteitstabellen af waaruit de grensstroom voor selectiviteit kan worden afgeleid. tabel 3 is een voorbeeld van een selectiviteitstabel van B-karakteristiek automaten met voorgeschakelde mespatronen.

Automaat	Mespatronen volgens NEN-EN 60269									
In [A]	25	35	50	63	80	80	125	160	200	250
6	1,25	3	6	6	6	6	6	6	6	6
10	0,95	1,6	2,4	4,3	6	6	6	6	6	6
16	0,7	1,3	1,9	3,2	4,5	6	6	6	6	6
20		1,15	1,7	2,8	3,8	6	6	6	6	6
25			1,4	2,4	3,2	6	6	6	6	6
32			1,25	2	2,8	5	6	6	6	6
40				1,8	2,4	4	6	6	6	6
50					2	4	6	6	6	6
63						4	6	6	6	6

Tabel 14. Selectiviteitstabel van 6 kA B-installatieautomaten met voorgeschakelde mespatroon.

Ook hier geven de getalswaarden de grensstroom I<sub>g</sub> aan tot waar selectiviteit heerst. Een 16 A automaat is bijvoorbeeld ten opzicht van een 63 A mespatroon tot een prospectieve kortsluitstroom van 3,2 kA selectief. [Klik hier](#) voor de selectiviteitstabellen van mespatronen met Eaton Holec installatieautomaten.

© Eaton Electric N.V. 2001



### 1.11.6 Opdracht

Geef per figuur 51 t/m 55 een voorbeeld met toelichting, waarin jij laat blijken dat je elke figuur begrijpt.

## 1.12 Pijpsvergelijking

### 1.13.1 Energie: gas, elektriciteit en water



Fig. 62

Onder energiekosten vallen de kosten voor het verbruik van gas, elektriciteit en water, plus de kosten die u betaalt voor de meters (vastrecht).

#### Gasverbruik

Stookkosten (gasverbruik en het vastrecht voor de gasmeter) zijn vooral afhankelijk van het woningtype.

Hoogte gasverbruik naar woningtype		
woningtype	gemiddeld verbruik per jaar in m <sup>3</sup>	kosten per maand bij cv in €* *
flat	900	67
tussenwoning	1.350	92
hoekwoning	1.590	105
2 onder 1 kap	1.670	109
vrijstaand	2.220	139
gemiddeld alle woningen	1.440	96
* Bedragen zijn inclusief vastrecht en 21 % BTW Bron: HOME 2012, RVO, bewerking Nibud 2014		

#### Elektriciteitsverbruik

Het elektriciteitsverbruik is vooral afhankelijk van de grootte van het huishouden. Het gemiddeld gebruik voor alle huishoudens is 3.340 kWh per jaar. Hieronder de gemiddelde bedragen (verbruik en



vastrechtmeter) in een tabel. Maar de kosten hangen vanzelfsprekend nauw samen met de elektrische apparaten die worden gebruikt.

We betalen in Nederland Energiebelasting (afgekort REB) en ieder huishouden krijgt hiervan een deel terug (heffingskorting). Het bedrag wordt verrekend met de energierekening (meestal de jaarlijkse elektriciteitsrekening). Voor 2014 is dit € 385,53.

Elektriciteitsverbruik naar grootte huishouden		
aantal personen in huishouden	gemiddeld gebruik in kWh per jaar	€ per maand, inclusief energieruggave belastingen
Bedragen zijn inclusief vastrecht, 21% BTW en inclusief de energiebelastingteruggave Bron: HOME 2012, RVO, bewerking Nibud 2014		
1	2.010	30
2	3.360	57
3	4.120	71
4	4.580	80
5	5.450	97
6	5.790	104
gemiddeld per huishouden	3.340	56

### Waterverbruik

Ook op het waterverbruik is de grootte van het huishouden van invloed. Een derde van het water gaat op aan douchen en baden.

Waterverbruik naar grootte huishouden		
aantal personen in huishouden	gemiddeld gebruik per jaar in m <sup>3</sup>	kosten per maand in €
Bron: Vewin, bewerking Nibud 2014		
1	45	9,30
2	91	14,00



WATERVERBRUIK NAAR GROOTTE HUISHOUDEN		
aantal personen in huishouden	gemiddeld gebruik per jaar in m <sup>3</sup>	kosten per maand in €
3	137	18,80
4	169	22,10
5	201	25,40

### 1.12.2 Groene stroom of groen gas

Alle energiebedrijven bieden naast gewone stroom ook groene stroom aan. Deze is opgewekt uit bronnen (wind, zon, et cetera) waarbij veel minder of geen CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten. Bij sommige energiebedrijven is groene stroom iets duurder dan gewone elektriciteit en bij andere bedrijven juist goedkoper. U kunt ook voor groen gas kiezen. Hierbij wordt het milieu ook minder belast.

Op internet vindt u verschillende vergelijkingswebsites van energieprijzen. U kunt zo ook prijzen van groene stroom en groen gas met reguliere elektriciteits- en gasprijzen vergelijkenssites en wordt hulp geboden bij overstappen naar een andere energiemaatschappij. Zie de overstapcoach op [Consumwijzer.nl](http://Consumwijzer.nl). Zie voor meer informatie over besparen op energie de website van Milieu Centraal.

### 1.12.3 Opdracht

1. Vergelijk de NIBUD tabellen met de actuele thuissituatie.
  - a. Wat is het percentage afwijking in de actuele thuissituatie? Verklaar deze afwijking.

## 1.13 Inkoop en verkoop energie

### 1.13.1 Energiekosten verlagen door flexibiliteit

Sinds een tweetal jaar richt het Nederlandse Powerhouse zich ook op de Belgische markt. We hadden een gesprek met sales director André Dippell. Dat leverde een interessante kijk op ontwikkelingen binnen de energiemarkt waarmee in onze sector vooral wkk-bedrijven geconfronteerd worden.

“Onze klanten zijn bedrijven die heel flexibel kunnen omgaan met hun energie”, vertelt André Dippell. Groentetelers, die hun wkk nodig hebben voor warmte en CO<sub>2</sub> en die de stroom niet zelf nodig hebben zijn daar erg flexibel in. Op basis van de informatie die wij hen bezorgen, beslissen ze om ofwel hun wkk ofwel hun gasketel in te zetten voor de productie van warmte.”

### 1.13.2 Handel in elektriciteit

Sinds een tweetaljaar richt Powerhouse zich ook op ons land. Ondertussen hebben ze hier al ongeveer 70 klanten. Enerzijds zijn dat wkk-bedrijven in de tuinbouw, anderzijds een aantal industriële afnemers. “Dat zijn bijvoorbeeld koel- en vrieshuizen met grote vermogens. Die kunnen flexibel omgaan met hun elektriciteitsbehoefte door vooral te koelen op momenten van de dag waarop de stroom goedkoop is. Waar Powerhouse echt voor staat, is het transparant maken van de energiemarkt. Waar de traditionele energieleverancier zich tussen de markt en de klant plaatst, geven wij onze klanten rechtstreeks toegang tot de energiemarkt. We onderscheiden de termijnmarkt, waar onze klanten op langere termijn stroom kunnen



in- en verkopen en de dagmarkt (de Belpex), waar dit kan gebeuren op uur basis. Bovendien kunnen onze klanten ook gebruik maken van de onbalansmarkt. Die markt wordt geregeld door netbeheerder Elia om tijdelijke productieoverschotten van elektriciteit snel weg te werken en zo een verstoring van het net te voorkomen.”

### **Dienstverlening**

Dippell vertelt dat de intensiteit van de dienstverlening volledig afhangt van het type onderneming en de mate waarin dat bedrijf zelf bewust bezig is met energie.“ Op tuinbouwbedrijven zijn ze vaak zelf al heel bewust met energie bezig, en zitten ze zelf aan de knoppen, maar in de industrie heb je bedrijven die dat helemaal niet gewend zijn. Voor die laatste hebben we een product dat vergelijkbaar is met wat klassieke energiebedrijven aanbieden. Dat is het ontzorgingsmodel, maar we laten ze daarmee wel zien wat de verdere mogelijkheden zijn.

Het Energy Platform is het hart van onze dienstverlening”, vervolgt Dippell. “Dit is een internettoepassing waarmee de klant alle prijsontwikkelingen op de energiemarkt kan volgen, zowel van gas als van elektriciteit. Dankzij allerlei grafieken helpt het je om de situatie te analyseren en trends te ontdekken. We geven op het platform ook actueel marktnieuws. We berichten zowel over de evolutie van onder meer gas- en oliepijzen en CO<sub>2</sub>-emissierechten, als over algemene economische ontwikkelingen. Die hebben op hun beurt immers effect op de toekomstige energieprijzen. Onze klanten kunnen ook van minuut tot minuut hun energieproductie en de afname daarvan volgen.”

*Powerhouse wil de energiemarkt transparant maken.*

*Management&Techniek 4 • 21 februari 2014 •*

Alle klanten krijgen een accountmanager. Die geeft hen meer inzicht in hoe de markt functioneert en hoe ze daar beter gebruik van kunnen maken. De intensiteit van die dienstverlening is afhankelijk van het type product dat Powerhouse hen levert. “Bij ons product Fixed, het tarief met een vaste prijs, gaat dat vooral over uitleggen hoe de markt functioneert, hoe prijzen tot stand komen en wat nog meer mogelijk is. Wanneer een klant volledig in het Flex-product zit, dan zit hij zelf bovenop de markt. Dan adviseren wij hem hoe hij zijn nominatie beter kan doen, het aanmelden van de hoeveelheid elektriciteit die hij voorziet te leveren. Let wel, we adviseren. Het is de klant die de beslissingen neemt. We geven wel de goede momenten aan om te kopen of te verkopen op de markt. Is de Belpex-prijs hoger dan de productiekost van de wkk, dan is het interessant om die te gebruiken voor warmteproductie. Stel dat je in een termijnpositie, waarbij je vooraf al stroom verkocht hebt, voorzien had om je wkk 12 uur te laten draaien. De dag zelf blijf je maar 10 uur warmte nodig te hebben. Dan kan je op APX-energiemarkt of op Belpex kijken om 2 goedkopere uren terug te kopen. Dergelijke zaken regelt ons Energy Platform voor je op basis van de kostprijs die je voor je wkk instelde. Er is een kantelpunt waarop het interessant wordt om met de wkk te verwarmen en elektriciteit te leveren aan het net. Voor de volledigheid moeten we hier aan toevoegen dat het op de Belgische markt, dankzij de warmtecertificaten, altijd interessant is om met de wkk te verwarmen. In Nederland draait een wkk gemiddeld 3000 tot 3500 uren en levert de gewone gasketel nog een substantieel aandeel. Uiteraard is de uitdaging om er het optimum uit te halen iets groter voor de Nederlandse tuinders omdat hun situatie iets minder luxe is. Toch is het ook in België een uitdaging om naar optimalisatie van je rendement te zoeken. Je kunt op de dag zelf momenten vinden waarop het beter is je systeem uit te schakelen. Stel dat je ondervindt dat je warmte genoeg hebt, en dat de onbalansprijs op dat moment heel laag is, dan kan je geld verdienen door de stroom die je moest leveren zelf goedkoper in te kopen, zodat je die niet hoeft te produceren.”



## **Flexibel produceren en verbruiken**

Enkele maanden geleden besloot TNO (een onafhankelijke kennisorganisatie die een schakel vormt in de kennisketen tussen de wetenschap enerzijds en bedrijven en organisaties anderzijds) op basis van een onderzoek in de Nederlandse markt dat middelgrote energieverbruikers tot 40% kunnen besparen op hun energiekosten door met flexibel energieverbruik te werken. “Dat gaat in zekere mate op voor een fruitteler die stroom nodig heeft voor zijn koelcellen, en die de momenten in de markt zoekt waarop hij de stroom tegen de laagste prijs kan inkopen. Maar grotere meer industriële bedrijven kunnen nog meer besparen. Belangrijk is hoe flexibel je bent. In een koelcel zit een bepaalde buffering, die toelaat de koeling een tijdje uit te schakelen. Dankzij die speelruimte kan je gebruik maken van de beweging op de markt.” Iemand met zonnepanelen kan – wanneer er zon verwacht wordt – is elektriciteitsproductie behoorlijk goed in te schatten“. De situatie is anders voor wie een behoorlijk deel van de eigen productie zelf kan gebruiken dan bij iemand die volledig voor injectie produceert. Die kan er voor kiezen om de 100% flexibiliteit op te zoeken en de nominatie zelf doen. Eventueel kunnen we hem ondersteunen door zijn elektriciteitsproductie te voorspellen. Wanneer er op het moment zelf minder zon is dan verwacht, kan dat geld kosten. Een klant die meer zekerheid wil, kan opschuiven in de richting van ons relax-product, omdat de verantwoordelijkheid dan meer bij ons ligt, rekenen we in de kostprijs van onze dienstverlening daarvoor een stuk verzekeringspremie aan. De afslagen voor de geleverde stroom zijn daardoor wat hoger dan bij het volledige Flex-product”.

### **Kostprijs**

Hoe wordt de vergoeding voor de dienstverlening van Powerhouse precies berekend? “We werken volledig transparant, de marktprijs is de basis”. We bekijken de prijzen op de termijnmarkt en Belpex en werken met een specifieke op- en afslag bij afname of injectie. Verder speelt bijvoorbeeld service een rol.” De reacties die we krijgen van de Belgische tuinders zijn overwegend positief. Zeker de tuinders met een wkk snappen.

### **1.13.3 POWERHOUSE**

Powerhouse is in 2004 als gevolg van de vrijmaking van de energiemarkt ontstaan vanuit het Pon-concern. Dit familiebedrijf importeert Volkswagen en Audi voor de Nederlandse markt, maar ook wkk's van Caterpillar. Het op de markt brengen van energie was een logische volgende stap. Daarom was de nieuwe speler de eerste jaren vooral actief in de Nederlandse tuinbouw, waar Powerhouse nog steeds marktleider is. In 2009 fuseerde het met Westland Energie Services, waarna het ook gas begon te leveren.

André Dippell en Powerhouse geloven sterk in het kostprijsverlagende effect van flexibel energie verbruiken.©

### **Kostprijs**

Hoe wordt de vergoeding voor de dienstverlening van Powerhouse precies berekend? “We werken volledig transparant, de marktprijs is de basis. We bekijken de prijzen op de termijnmarkt en Belpex en werken met een specifieke op- en afslag bij afname of injectie. Verder speelt bijvoorbeeld service een rol.” De reacties die we krijgen van de Belgische tuinders zijn overwegend positief. Zeker de tuinders met een wkk snappen al hoe die markt werkt. Die kiezen vrij snel voor wat wij een ‘Flex-propositie’ noemen. Die zien snel de mogelijkheden van ons platform en de sturingsmogelijkheden die daar achter zitten. Wanneer de nominatie gemaakt is, zorgt de stuurbox ervoor dat de wkk tijdig aan- en uitgeschakeld wordt. Die kan ook het vermogen regelen. Verder schakelt hij vooruit of regelt hij terug wanneer de prijs op de onbalansmarkt laag is. Die mensen zien de mogelijkheden, de flexibiliteit en het gemak dat dit met zich meebrengt. Alles gebeurt online. Je kunt er ook je factuur zien en checkt hoe die tot stand is gekomen.”



#### 1.13.4 Aardgas

De gasmarkt werkt iets anders. “Je hebt ook een termijnmarkt, waar je voorposities kan innemen”, vertelt Dippell. “Op dit moment zijn de gasprijzen in Europa aan het dalen. We hebben hier nog bijna geen winter gehad. De buffertanks zitten vol, waardoor de gasprijzen onder druk komen. Uiteindelijk moet dat gas er eens uit, want vaak is die buffercapaciteit ingekocht voor een beperkte periode. Dat zijn momenten waarop je kan overwegen om een voorpositie in te nemen en een deel van je toekomstige behoefte alvast te fixeren. De markt van gas loopt niet volledig gelijk met die van elektriciteit. Dat komt doordat je gas moet bufferen, dat kan niet met elektriciteit. Bedrijven met een wkk maken een koppeling tussen de markten van elektriciteit en gas doordat ze aan de ene kant gas inkopen en zelf elektriciteit verkopen. Samenwerken met land- en tuinbouwers vereist volgens Dippell geen speciale aanpak. “We zijn gestart in die sector en we begrijpen hoe die functioneert. Werken met agrarische ondernemers zit gewoon in ons bloed.”

Informatie over de werking van energiebeurzen kan je vinden via [www.belpex.be](http://www.belpex.be) of [www.powerhouse.be](http://www.powerhouse.be).

#### 1.13.5 Vragen

1. Bij wie kan tegenwoordig stroom worden gekocht?
2. Wat is de huidige inkoopprijs van elektrische stroom?
3. Wat wordt bedoeld met de onbalansmarkt?

#### 1.13.6 Rekenwerk

Een 40.000 m<sup>2</sup> vierkant groot bedrijf (5 m hoogte) heeft één wkk met een vermogen van 2MW en een ketel van 1500000 kcal. De paprikateelt groeit optimaal bij gemiddeld 21°C. Het is zomer. De ketel draait dagelijks 7 uren voor CO<sub>2</sub> - dosering. De etmaalbuitentemperatuur is 16°C. Het volume van de warmteopslagtank is 300 m<sup>3</sup>. De laagste watertemperatuur is 26°C en de hoogste watertemperatuur is 95°C. Dat zelfgekozen datum is in de afgelopen week.

4. Wat is de kostprijs voor elektrische stroom, vanuit deze wkk?
5. Wat is het gasverbruikcapaciteit van de WKK?
6. Waarom wordt de ketel gebruikt voor de CO<sub>2</sub> - dosering?
7. Wanneer is er sprake van een onbalans?
8. Noem 3 situaties waarin de ingekochte stroom goedkoop is.
9. Noem 3 situaties waarin de verkochte stroom duur is.
10. Hoeveel CO<sub>2</sub> (kg/uur) wordt door de ketel bij vol vermogen geproduceerd?
11. Bereken de winst of het minimale verlies van in - en/of verkoop van stroom op de zelf gekozen recente datum.



## 1.14 Certificeringen

### 1.14.1 Certificaten

#### **VCA\*\* (Veiligheids Checklist Aannemers)**

Het VCA\*\* certificaat van Lloyd's Register Quality Insurance geeft aan dat een bedrijf een erkend veiligheidsmanagementsysteem heeft dat gericht is op de directe veiligheidsbeheersing van de activiteiten op de werkvloer en de veiligheidsstructuren binnen het bedrijf.

Het veiligheidsmanagementsysteem is van toepassing op het ontwikkelen, produceren, installeren, beheeren en onderhouden van complete elektrotechnische installaties (licht, kracht, zwakstroom, regeltechniek, proces-, meet- en regelinstallaties, gebouwen, automatisering, telematica en beveiligingsinstallaties) ten behoeve van Industrie, Regeltechniek AC, Utiliteit, Verkerk Service Systemen, Verkerk Inspectie en Verkerk Beheer & Onderhoud

Het NEN-EN-ISO 9001:2008 certificaat van Lloyd's Register Quality Insurance geeft aan dat de Verkerk Groep een erkend algemeen kwaliteitsmanagementsysteem heeft dat duidelijk en efficiënt gericht is op het intern en extern verbeteren van de organisatie en het verhogen van de concurrentiekracht van de organisatie.

Het kwaliteitsmanagementsysteem is van toepassing op het ontwikkelen, produceren, installeren en onderhouden van complete elektrotechnische installaties (licht, kracht, zwakstroom, regeltechniek, proces meet- en regelinstallaties, gebouwen en automatisering) met bijbehorende panelen ten behoeve van Utiliteit, Industrie en Regeltechniek AC, alsmede het ontwerpen, projecteren, assembleren, aansluiten, in bedrijfstellen en onderhouden van Verkerk Service Systemen (oproep-/communicatie, sociale alarmering, professioneel geluid, personen-zoek-installatie en Beveiliging & Telematica) voor de ouderen- en gezondheidszorg.

OHSAS 18001 is de wereldwijd geaccepteerde norm met eisen voor een arbomanagementsysteem. De gezondheid en veiligheid van medewerkers wordt beïnvloed door onder meer fysieke belasting, fysieke omstandigheden en machineveiligheid. Met een arbomanagementsysteem worden gevaren en risico's geïdentificeerd en geëvalueerd om deze vervolgens te verminderen.

Er zijn wereldwijd een groot aantal OHSAS certificaten uitgegeven. In Nederland beschikken meer dan 300 organisaties over het OHSAS 18001 certificaat.

Via de website [www.sccm.nl](http://www.sccm.nl) kunt u nagaan welke organisaties gecertificeerd zijn.

Belangrijke onderwerpen van OHSAS 18001 zijn voor elke organisatie:

- Arboveiligheidsbeleid
- Het voldoen aan geldende wet- en regelgeving
- Beheersing van arbo risico's en bewustwording
- Continu verbeteren van de arbeidsomstandigheden
- Gecombineerde aanpak OHSAS 18001 - De structuur van de OHSAS 18001 norm is identiek aan die van ISO 9001.

#### **RapidISO®**

RapidISO® is een methode waarbij QSN zoveel mogelijk werk uit handen neemt voor de klant. Het is een





gerichte MKB-aanpak die, met een korte doorlooptijd, door veel organisaties als slim alternatief wordt gezien.

#### Onze aanpak

Onze aanpak is snel en eenvoudig. In een beperkt aantal stappen wordt het programma doorlopen om te komen tot een managementsysteem in de organisatie. Bij bedrijven met maximaal 50 medewerkers, 1 locatie en processen met een beperkte complexiteit duurt dit maximaal 10 dagen.

#### Blue Book

Na de intake zorgen wij ervoor dat de vereiste documenten in een korte tijd overzichtelijk wordt vastgelegd om vervolgens over te gaan tot de implementatie. Daardoor gaat de organisatie direct met verbeteringen aan de slag. Het voordeel hiervan is dat de organisatie niet te lang stilstaat bij het beschrijven, maar het systeem direct in de praktijk brengt. Na twee maanden zullen wij gezamenlijk de werking van het systeem evalueren door middel van een proefaudit en het schrijven van een kwaliteitsjaarverslag. Ook wordt de voortgang van het actieplan besproken en de werking van de proces indicatoren. De uitkomsten worden verwoord in een herzien actieplan en certificatie kan vervolgens plaatsvinden.

Door de snelheid van werken is de investering in externe advieskosten aanzienlijk lager dan bij traditionele projecten. Daarnaast betekent RapidISO®:

- Een praktische vertaalslag van de norm in een duidelijke meerwaarde voor uw organisatie;
- Een praktische vorm van documenteren, waarbij zo min mogelijk papier wordt nagestreefd;
- Een doorlooptijd van maximaal 4 maanden inclusief succesvolle certificatie.
- Wij informeren u graag over onze tarieven. We hanteren daarbij een vaste prijs voor bedrijven tot maximaal 50 medewerkers, 1 locatie en processen met een beperkte complexiteit.

#### EasyISO®

EasyISO is een onderhoudscontract, dat in kan gaan na certificatie. QSN levert in dat geval een tijdelijke kwaliteitsfunctionaris die periodiek rapporteert over kwaliteitszaken. Daardoor blijft u optimaal geïnformeerd en langdurig gecertificeerd.

#### KOMO Instal / BRL 6000

Het KOMO Instal procescertificaat geeft aan dat een bedrijf werkt volgens de wettelijke voorschriften (BRL 6000) en dat de opgeleverde installaties daarom voldoen aan het Bouwbesluit. De Nationale Beoordelingsrichtlijn (BRL) 6000 heeft betrekking op gas-, water- en elektriciteitsinstallaties en stelt eisen aan de installatie, het proces, het installatiebedrijf en de interne en externe kwaliteitsbewaking. De Verkerk Groep heeft een procescertificaat voor deelgebieden 01, 02 en 03, waarmee installaties van individuele woningen, installaties met een afgezekerde stroomsterkte van ten hoogste 3 x 80 A en installaties met een hogere afgezekerde stroomsterkte dan 3 x 80 A mogen worden aangelegd.

#### Certificaat van Toezicht (EVK)

Een bedrijf voldoet aan de criteria van Toezicht en is daarom als EVK-installeur (Elektrotechnisch VeiligheidsKeur) erkend om elektrotechnische veiligheidsinspecties uit te voeren. Deze inspecties worden periodiek uitgevoerd om de veiligheid van elektrotechnische installaties en elektrische arbeidsmiddelen vast te stellen.



### **Branddetectie**

Een bedrijf is een NCP-erkend Branddetectiebedrijf conform de Regeling Brandmeldinstallaties 2002, zoals bepaald door het Nationaal Centrum voor Preventie (NCP). Het bedrijf is verplicht de voorgestelde maatregelen uit te voeren volgens de hiervoor geldende normen en voorschriften met betrekking tot het schrijven van een Programma van Eisen (PvE) en het zelfstandig projecteren, installeren, in bedrijf stellen en onderhouden van brandmeldinstallaties in allerlei soorten projecten.

### **Installatie Brandmeldinstallaties**

Omdat een bedrijf erkend Branddetectiebedrijf is (zie boven), is het bedrijf automatisch NCP-erkend Installatiebedrijf Brandmeldinstallaties conform de NCP Regeling Brandmeldinstallaties 2002. Het bedrijf is verplicht de voorgestelde maatregelen uit te voeren volgens de hiervoor geldende normen en voorschriften met betrekking tot het installeren van brandmeldinstallaties in allerlei soorten projecten.

### **Opsteller Programma van Eisen Brandmeldinstallaties**

Een bedrijf is een NCP-erkend Opsteller Programma van Eisen conform de Regeling Brandmeldinstallaties 2002, zoals bepaald door het Nationaal Centrum voor Preventie (NCP). Het bedrijf is verplicht de voorgestelde maatregelen uit te voeren volgens de hiervoor geldende normen en voorschriften met betrekking tot het opstellen van een Programma van Eisen (PvE).

### **BORG beveiligingsbedrijf**

Een bedrijf is een technisch beveiligingsbedrijf conform de Regeling BORG Beveiligingsbedrijf, zoals bepaald door het Nationaal Centrum voor Preventie. Het bedrijf is verplicht de voorgestelde maatregelen uit te voeren volgens de hiervoor geldende normen en voorschriften met betrekking tot het maken van een beveiligingsplan en het installeren en onderhouden van alarmapparatuur die deel uitmaakt van een beveiligingssysteem.

### **Veilig Thuis Keur**

Een bedrijf is erkend Keurmeester voor Veilig Thuis Keur, het keurmerk voor de periodieke inspectie van technische installaties en technische voorzieningen in woningen. De Verkerk Groep is bevoegd om installaties in woningen te inspecteren volgens het minimaal aanvaardbare veiligheidsniveau dat aangegeven is in De Nederlands Technische Afspraak (NTA) 8025.

### **RECAI**

Een bedrijf is een RECAI-erkend installateur en als zodanig bevoegd om volgens de hiervoor geldende normen en eisen Centrale Antenne Installaties (CAI) te ontwerpen, projecteren, tekenen, installeren, monteren, inregelen en te onderhouden.

### **Kenteq leerbedrijf**

Een bedrijf is in het kader van de Wet Educatie en Beroepsonderwijs (WEB) erkend als leerbedrijf en mag volgens deze wet beroepspraktijkvorming op elektrotechnisch vakgebied verzorgen voor het middelbaar beroepsonderwijs (MBO).

### **Excellent Opleidingsbedrijf**

Een bedrijf heeft een Kenteq certificaat 'Excellent Opleidingsbedrijf', als dit bedrijf is gespitst op bedrijfsbeleid op het terrein van ontwikkelen en opleiden van medewerkers, facilitering van opleidings- en ontwikkelingstrajecten en betrokkenheid en actieve deelname aan de onderwijsomgeving.



### **ECABO leerbedrijf**

Een bedrijf is in het kader van de Wet Educatie en Beroepsonderwijs (WEB) erkend als leerbedrijf en mag volgens deze wet beroepspraktijkvorming op het gebied van economie/administratie, ICT en veiligheid verzorgen voor het middelbaar beroepsonderwijs (MBO).

#### **1.14.2 Product gerelateerde certificaten**

##### **Millennium kabelsysteem**

Een bedrijf is een erkend installateur van het MillenniumM kabelsysteem van Brand-Rex. Brand-Rex geeft namens de Verkerk Groep certificaten af voor diverse UTP, FTP en S-FTP twisted pair bekabelingen, glasvezelback-bone systemen en glasvezel bekabeling. De Verkerk Groep voldoet aan de nauwkeurig geformuleerde eisen en voorwaarden, onder andere met betrekking tot kennisniveau, opleidingen en outillage.

##### **Profibus veldbus installatie**

Met het certificaat voor Profibus Engineer is een bedrijf erkend om zelfstandig een nieuwe Profibus installatie te ontwerpen en te installeren of een bestaande installatie te onderhouden. Deze veldbus oplossingen worden vooral gebruikt bij automatiseringsprojecten.

##### **PAVICOM**

PAVICOM is een samengesteld stroomverdeelstelsel dat jaarlijks door KEMA-Keur gecertificeerd wordt. Het systeem heeft een maximale aansluitwaarde van 1000 A en wordt door de Verkerk Groep toegepast in regel- en besturingspanelen.

KEMA-Keur is verkregen door een systematische engineering aanpak en de juiste wijze van montage en beproeving.

##### **Laagspanningsverdeelstelsels**

Een bedrijf is een gecertificeerd paneelbouwpartner voor ABB, Eaton Holec en Hager verdelers. De certificaten zijn van toepassing op verschillende systemen tot een maximale aansluitwaarde van 1600 A.

##### **FirePro® aerosol brandblussystemen**

Een bedrijf is erkend voor het installeren van FirePro® aerosol brandblussystemen van FireVision.

#### **1.14.3 Opdracht**

Benoem alle benodigde, verkregen en gewenste certificaten, van belang voor jouw (stage)bedrijf. Beschrijf kort en bondig de doelstelling van elk certificaat met bijbehorende verplichte registratie en documentatie.

##### **Kwaliteit: doel en middelen**

De voorbije decennia heeft de voedingsindustrie zware inspanningen geleverd om de voedselveiligheid zo goed mogelijk te garanderen. Daarbij werden allerlei controlesystemen ingezet, die echter vaak alleen maar op het eindproduct gericht waren. Deze traditionele systemen bleken daardoor onvoldoende om de nodige waarborgen te leveren. Vandaar dat moderne controlesystemen alle grond- en eindstoffen en het hele productieproces beschouwen. Als dit systematisch gecontroleerd en geregistreerd wordt is sprake van een kwaliteitssysteem. Als hierbij ook gelet wordt op de veiligheid van het product voor de eindgebruiker is sprake van een voedselveiligheidssysteem.

Daarbij heeft zich een internationale consensus gevormd rond de principes van het Hazard Analysis Critical Control Points-systeem (HACCP) als beheerssysteem dat het mogelijk maakt de veiligheid en de hygiëne van



de levensmiddelen te waarborgen. Dit concept is in principe een wettelijke verplichting geworden op zowel Europees niveau als op nationaal niveau. Deze algemene kwaliteitsrichtlijnen worden door verschillende branches of bedrijfskolommen als basismodel gebruikt om invulling te geven aan branche specifieke kwaliteitssystemen, zoals Global-GAP, GMP, IKB en Hygiëncodes.

Een bedrijf dat een kwaliteitssystem heeft, heeft een beschrijving van de intern gehanteerde taken, bevoegdheden, verantwoordelijkheden, procedures, werkinstructies en registraties. Een certificeerder beoordeelt de opzet en uitwerking van het systeem. Deze controles kunnen resulteren in een certificaat. Het betreffende certificaat kan betrekking hebben op het systeem dat de bedrijven gebruiken om de kwaliteit te garanderen ofwel op de producten of op een combinatie van beide.

In Nederland is de HACCP-certificatie het bekendst omdat certificerende instanties in samenwerking met de overheid een systeem hebben opgezet waarbij een HACCP-systeem getoetst kan worden en gecertificeerd. Daarnaast zijn door verschillende sectoren handboeken, zoals hygiëncodes, opgesteld om vooral kleinere bedrijven te helpen bij het werken aan voedselveiligheid. Elk kwaliteitssystem is een middel om een betere voedselveiligheid na te streven.

Naast kwaliteitssystemen om de voedselveiligheid te waarborgen zijn er ook systemen die andere kwaliteitskeurmerken opleveren, zoals milieukeur, biologische landbouw. Deze keurmerken bieden de producent een mogelijkheid om zich te onderscheiden.

De overheid zegt duidelijk dat de producent verantwoordelijk is voor de veiligheid van zijn producten. Tegelijkertijd is het de overheid die bepaalt wat veilig is, doordat zij de regels bepaalt en de grenzen vastlegt. De meeste regels waaraan een producent zich moet houden komen uit Brussel, van de Europese Commissie.

Meer informatie over keurmerken vindt u in het dossier Keurmerken.

### **Wat is een (kwaliteits)zorgsysteem?**

In een (kwaliteits)zorgsysteem worden alle belangrijke basisafspraken over bedrijfsvoering en kernprocessen vastgelegd. Het opzetten van een zorgsysteem voldoet aan interne eisen zodat het prettig werkbaar is en tevens aan externe eisen zodat het door een onafhankelijke instantie certificeerbaar is. Als het systeem wordt goedgekeurd, verkrijgt de organisatie een certificaat of erkenning. Daardoor tonen zij bij derden aan dat men te maken heeft met een bedrijf dat zijn 'zaakjes' goed heeft geregeld. Belangrijker is nog het 'grote schoonmaak' effect. De interne organisatie wordt van a tot z doorgelicht, zodat alles en iedereen weer op scherp staat. Door het opzetten van een zorgsysteem kun je het productieproces beheersen.

### **Waarom kiezen voor een kwaliteitssystem?**

Er ontstaat helderheid en duidelijkheid voor iedereen die in de organisatie werkt. Iedereen weet waar hij aan toe is en de basisstructuur van alle werkzaamheden in het bedrijf zijn overzichtelijk vastgelegd. Knelpunten komen aan het licht en worden waar mogelijk opgelost. Dit levert vaak forse besparingen op. Bovendien verbetert de werksfeer, omdat er minder misgaat. Dit leidt tot minder ergernis bij collega's en klanten. Bij certificering kan onafhankelijk worden aangetoond dat het bedrijf voldoet aan de gestelde normen.

Een tweede reden kan zijn dat de klant kan vragen dat het tuinbouwbedrijf een zorgsysteem voert. Grootwinkelbedrijven als Albert Heijn en Super de Boer werken zelf met zorgsystemen en verlangen van hun klanten dat ze aan bepaalde eisen voldoen.



Tot slot is het voeren van sommige registratie en zorgsystemen verplicht vanuit de overheid. Op fytosanitair gebied stelt de overheid bijvoorbeeld eisen om bepaalde ziekten en plagen te voorkomen. Daar moet je als tuinder aan voldoen, want anders kan je het product dat je teelt niet afzetten.

#### 4 soorten zorgsystemen

- Er zijn een aantal zorggebieden waaraan een bedrijf kan/moet voldoen:
- Een systeem voor productkwaliteit
- Een systeem voor voedselveiligheid
- Een systeem voor de veiligheid, de gezondheid en het welzijn van het personeel (Arbo)
- Een systeem voor de bescherming van het milieu.

Deze vier zorggebieden worden veelvuldig geïntegreerd in het KAM-zorgsysteem (Kwaliteits-, Arbeids- en Milieuzorg).

#### **Traceerbaarheid**

Een belangrijk onderdeel van een kwaliteitsborgingsysteem is de traceerbaarheid. Als onderdeel van het kwaliteitsborgingprogramma worden efficiënte procedures uitgewerkt, die de voedingsproducten (en hun ingrediënten) ingeval van een incident zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts kunnen traceren.

De principes voor ketentracering in de agrovoedingsketen kunnen als volgt worden samengevat:

- Elke schakel in de agrovoedingsketen (toelevering aan landbouwbedrijven, landbouwbedrijven, voedingsindustrie, distributie, handel) moet beschikken over een Identificatie en Registratiesysteem dat tracering mogelijk maakt.
- De eerste schakel in de voedingsindustrie registreert een aantal parameters betreffende de landbouwproducent en het primaire product en houdt die bij.
- Elke schakel moet de nodige informatie bijhouden en desgevraagd door te geven aan de volgende operator.
- Elke schakel identificeert en registreert inkomende partijen.
- Elke schakel moet zich vergewissen dat de voorgaande schakel functioneert conform de gestelde principes.
- Elke schakel registreert voor elk productiepartij de inkomende partijen waaruit het samengesteld is. Indien wordt aangetoond dat deze registratie onmogelijk of nutteloos is, worden in het kader van autocontrolesystemen (ISO, HACCP) bijkomende maatregelen van risicobeheer genomen en wordt dit meegedeeld aan de afnemers.

Het bijhouden en desgevallend doorgeven van de nodige informatie voor traceerbaarheid berust bij elk individueel bedrijf. Het systeem kan slechts operationeel zijn indien elke schakel en elke operator in de keten deze verplichting ook effectief naleeft. Het is daarom noodzakelijk dat dit aantoonbaar gemaakt wordt bij elke operator en dat op het identificatie en registratiesysteem periodiek en extern toezicht uitgeoefend worden.

#### **Kwaliteitssystemen**

Met een kwaliteitszorgsysteem worden afspraken over de manier van werken vastgelegd. Hiervoor bestaan verschillende systemen. Een kwaliteitsmanagementsysteem, volgens ISO-9000, is er om op structurele wijze



invulling te geven aan kwaliteitszorg, waaronder voedselveiligheid. Een HACCP-systeem richt zich specifiek op de gevaren bij productie, terwijl andere kwaliteitssystemen (BRC, Global-Gap, enz.) verder kijken.

Meer informatie:

- Argumenten voor kwaliteitszorg
- De valkuilen van kwaliteitszorg
- Kosten en baten van kwaliteitszorg
- Algemene opzet van een kwaliteitssysteem
- De onderstaande systemen worden in de voedselketen gebruikt.
- HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point System)

Artikel 30 van de Warenwetregeling Hygiëne van Levensmiddelen (WHI) verplicht elk bedrijf dat levensmiddelen bereidt, verwerkt, behandelt, verpakt, vervoert, distribueert of verhandelt om zijn werkwijze zodanig in te richten dat zij op een systematische manier de veiligheid van hun producten waarborgen. Dit houdt in dat ze verplicht zijn een bewakingssysteem te hebben waarmee hun hele proces gecontroleerd wordt.

Dit bewakingssysteem, ofwel voedselveiligheidssysteem, moet gebaseerd zijn op HACCP, het Hazard Analysis and Critical Control Point System. Bij HACCP-systemen wordt systematisch gezocht naar de kritische (kritieke) punten die van invloed zijn op het eindproduct.

### **GMP (Good Manufacturing Practices)**

Good Manufacturing Practice (GMP) is een productie gerelateerde kwaliteitszorgbenadering. Deze wordt met name toegepast in de voedingsmiddelen-, farmaceutische en gezondheidsmiddelenindustrie. De nadruk ligt hier op hygiëne in de productiefase. De normen stellen veelal concrete eisen aan bedrijfsinrichting en werkwijzen. Er zijn diverse GMP-normen, die worden uitgegeven door verschillende (branche-)organisaties. Deze zijn vooral opgesteld voor producenten in de primaire sector, zoals akkerbouw en de diervoedersector.

Bedrijven in de diervoedersector kunnen echter ook een stapje verder met behulp van de GMP+ regeling van het Productschap Diervoeder (PDV). De GMP+-regeling is van toepassing voor producenten en handelaren van mengvoeders, enkelvoudige diervoeders, vochtrijke voedermiddelen, voormengsels en diervoedergrondstoffen. De basis van de GMP+ regeling wordt gevormd door EN-ISO 9001, ISO 22000 en de HACCP principes. Dankzij deze regeling kunnen bedrijven aantoonbaar waarborgen dat diervoeders en ingrediënten voor diervoeders voldoen aan de wettelijke voorschriften en aan een aantal bovenwettelijke eisen, overeengekomen met ketenpartijen.

### **GFSI (Global Food Safety Initiative)**

Het Global Food Safety Initiative (GFSI) is een initiatief van de internationale retail om standaarden te maken voor voedselveiligheid. Bij het GFSI kan erkenning van (nationale) certificeringsschema's worden aangevraagd. Een erkenning van GFSI betekent wereldwijde acceptatie en daarmee draagvlak voor het certificeringsschema ('Certified once, accepted everywhere.').

Ook is er een waarschuwingssysteem ontwikkeld wat alle betrokken partijen in de voedselketen en de overheid direct op de hoogte stelt van ongewenste situaties waarop terstond kan worden gereageerd.



## **ISO 9000 / 22000**

ISO 9000 is de internationale paraplu van standaarden voor kwaliteitszorg en kwaliteitsborging in industriële- en dienstverlenende organisaties. ISO staat voor: 'International Organisation for Standardisation' en is samengesteld uit afgevaardigden van overheden en bedrijven over de gehele wereld. ISO 9000 is niet specifiek ontwikkeld voor de voedingssector. ISO 22000 daarentegen wèl.

De internationale normen van de ISO 9000 familie beschrijven welke elementen deel zouden moeten uitmaken van kwaliteitssystemen, maar niet hoe een specifieke organisatie deze elementen kan implementeren. Een organisatie dient zelf de vertaalslag van de standaard naar zijn organisatie te maken, omdat iedere organisatie uniek is. De ISO 9000 normen worden om de paar jaar herzien. De laatste versie dateert van oktober 2005.

Voor levensmiddelenbedrijven kennen ISO 9000 en HACCP veel overlappingsen. Veelal kan gesteld worden dat een goed HACCP-systeem voor deze bedrijven tevens voor ca. 80% voldoet aan de ISO 9000-normen. Andersom geldt hetzelfde: een goed ISO 9000 kwaliteitszorgsysteem voldoet bij deze bedrijven veelal voor ca. 80% aan de HACCP-normen.

ISO heeft een nieuwe ISO norm ontwikkeld (ISO 22000) voor voedselveiligheidssystemen op basis van HACCP. Deze nieuwe norm, die in september 2005 gepubliceerd is, stelt eisen aan een managementsysteem voor voedselveiligheid gericht op alle schakels in de voedselketen. ISO 22000 combineert 'the best of both worlds': concrete voedselveiligheid condities, gebaseerd op de basishygiënevoorwaarden en de HACCP-standaard van de Codex Alimentarius, en een effectief management van de beheersmaatregelen op basis van de kwaliteitsmanagementstandaard ISO 9001. De norm is ketengericht en van toepassing op bedrijven in de agrofoodsector, variërend van primaire productie tot retail, en de toeleverende bedrijven zoals de verpakkings- en de reinigingsmiddelenindustrie.

Meer informatie:

- Home - International Organisation for Standardisation (ISO)
- ISO 22000 - NEN
- ISO 22002 - NEN
- ISO 9000, de basisprincipes – ISO

## **BRC (British Retail Consortium)**

In het British Retail Consortium zijn de grote Britse supermarkten (o.a. Tesco, Safeway, Somerfield, Sainsbury) verenigd. Samen hebben zij de eisen die gesteld aan leveranciers van levensmiddelen worden verwerkt in een schema; de BRC-Food standard. Hiermee kan een leverancier met een certificaat aan de eisen van verschillende afnemers voldoen en de stroom auditoren beperken. In deze standaard zijn belangrijke elementen uit ISO-9000 ten behoeve van kwaliteitsmanagement en voedselveiligheid opgenomen. Het omvat naast een HACCP-plan ook eisen aan management en informatievoorziening. De BRC code is onlangs herzien en goedgekeurd door het GFSI.

In Nederland heeft het Centraal Bureau Levensmiddelen (CBL) de CBL-BRC-code ontwikkeld.

## **Global-GAP**

Om aan de wensen en eisen van de consument naar meer voedselveiligheid van land- en tuinbouwproducten tegemoet te komen, hebben een 26-tal Europese supermarktorganisaties in 1997 het





initiatief genomen om de voorwaarden die zij naar hun leveranciers van verse producten toe hanteren, op elkaar af te stemmen. Deze supermarktketens, samenwerkend in Eurep (Euro Retailer Produce), hebben in 1999 voorschriften opgesteld waaraan telers van primaire producten, zoals fruit, groenten, aardappelen en snijbloemen en producenten van uitgangsmateriaal zich zouden moeten houden. De voorschriften stonden destijds bekend als de Eurep-Gap normen. In 2007 is de naam veranderd in Global-GAP. GAP staat voor Good Agricultural Practice. Naast voedselveiligheid besteedt Global-GAP ook aandacht aan dierenwelzijn, milieu, natuur en arbo-omstandigheden.

Op dit moment zijn er Global-Gap protocollen voor diverse agrarische sectoren; telers van groente en fruit, consumptieaardappelen en bloemen. Voor de dierlijke sectoren bestaan concept protocollen.

### **QS (Qualität und Sicherheit)**

QS staat voor Qualität und Sicherheit für Lebensmittel vom Erzeuger bis zum Verbraucher. Het QS-systeem is na de BSE-affaire door de Duitse levensmiddelenindustrie opgezet als tegenhanger van Global-GAP. Het is in eerste instantie een certificeringssysteem voor vlees en vleeswaren, opgezet om de consument kwaliteit en zekerheid te verschaffen over de herkomst van het vlees. Enkele Duitse grootwinkelbedrijven hebben het QS-systeem begin 2004 doorgetrokken naar groente en fruit.

Voor de vleessector eist het QS-systeem kwaliteitscontrole over de hele keten, van geboorte tot slacht en verwerking. Traceerbaarheid van de grondstoffen en transparantie van productie zijn belangrijke bouwstenen. Onderdeel is ook de bescherming van het dier. De regels gelden voor Duitse en voor geïmporteerde producten.

Voor de groente- en fruitsector eist het QS-systeem kwaliteitscontrole over de hele keten. Het systeem is in grote lijnen te vergelijken met het in Nederland meer bekende Global-GAP. Verschil is dat QS meer concrete voorschriften en aanbevelingen bevat en dat de voorschriften voor gasbescherming en bemesting beter aansluiten bij de Noord-Europese dan de Zuid-Europese situatie. Dat laatste opent goede perspectieven voor de Nederlandse groente- en fruitsector.

### **Hygiëncodes**

Het opstellen van HACCP procedures vereist specifieke kennis en de nodige tijd. Vooral voor de wat kleinere ondernemingen is daarom artikel 31 van de Warenwetregeling Hygiëne van levensmiddelen in het leven geroepen. Dit artikel biedt ondernemers de mogelijkheid tot het geven van invulling aan artikel 30 door middel van zogeheten Hygiëncodes.

Op basis van een gemiddeld bedrijf wordt centraal door de branche- en sectororganisaties geïnventariseerd welke risico's voorkomen. Op basis van deze informatie wordt een hygiëncode opgesteld. Met een hygiëncode kan een bedrijf op een eenvoudige wijze aan de eisen van de wetgever voldoen. Op internet zijn een aantal hygiëncodes beschikbaar.

### **SQF (Safe Quality Food)**

Safe Quality Food (SQF) is opgezet in Australië. Eén van de doelen van dit systeem is ketenbeheersing, het is dan ook toepasbaar in andere delen van de keten, zoals dierproductie. Ook diergezondheid en technische aspecten kunnen worden opgenomen in het systeem. Hierdoor lijkt het systeem vooral mogelijkheden te bieden als de meerdere ketenspelers meedoen.

SQF is gebaseerd op HACCP voor de voedselveiligheid en een kwaliteitsmanagementsysteem om te voldoen aan alle eisen van de voedingssector. Er is een SQF 1000CM Code voor primaire productie en de SQF





2000CM Code gericht op de levensmiddelenindustrie, beide systemen sturen voedselveiligheid en productkwaliteit, en stimuleren continue verbeteringsstrategiën.

Het systeem is zeer compleet en SQF gecertificeerde bedrijven halen meestal ook probleemloos andere certificaten.

### **IKB (Integrale Keten Beheersing)**

Het Nederlandse bedrijfsleven in de veehouderij heeft IKB-systemen ontwikkeld om garanties te kunnen geven over de kwaliteit, herkomst en manier van produceren. IKB-producten komen van bedrijven en slachterijen waar (onafhankelijke) controle is op veevoer, medicijngebruik, groeibevorderaars, hygiëne en transport. Iedereen in de productieketen, van de veehouder tot de slager kan vrijwillig deelnemen. Pluspunten van IKB zijn de extra garanties voor de consument, de versterking van de concurrentiepositie van deelnemende bedrijven en de verbetering van het imago van de bedrijfstak.

De Productschappen Vee, Vlees en Eieren (PVE) coördineren de IKB-activiteiten, stellen de regelingen op en beheren de regelingen voor varkens, scharrelvarkens, runderen, vleeskalveren, eieren, kippen, kalkoenen. Binnenkort komt er ook een regeling voor vleeskonijnen.

### **Certificering**

Al deze kwaliteitssystemen zouden niets voorstellen wanneer zij niet controleerbaar zouden zijn. Een certificeerder beoordeelt de opzet en uitwerking van het kwaliteitssysteem en kan het keurmerk wat bij dat kwaliteitssysteem hoort toekennen. De certificaten worden afgegeven door instanties, zogenaamde certificerende instellingen, die een accreditatie (toelating) hiervoor hebben gekregen van de Raad voor Accreditatie.

De bedrijfsinspectie bestaat uit 2 delen: een initiële inspectie en een her inspectie. Een inspectie bestaat uit een bedrijfsinspectie en beoordeling. Indien er tijdens deze inspectie afwijkingen worden geconstateerd, worden deze door de inspecteur in verschillende niveau's/gradaties met elk hun eigen consequenties ingedeeld. De volgende niveau's/gradaties van afwijkingen kunnen worden onderscheiden:

- Critical: kritische afwijking ten aanzien van de voedselveiligheid en/of wettelijke eisen; geen goedkeuring;
- Major: relevante afwijking ten aanzien van een eis van de standaard; goedkeuring is afhankelijk van de ernst en aantal;
- Minor: kleine afwijking ten aanzien van een eis van de standaard; goedkeuring afhankelijk van ernst en aantal;
- Recommendation: afwijking ten aanzien van de aanbevelingen; goedkeuring.

In de volgende internetsite ga je meer te weten komen over enkele bekende zorgsystemen in de glastuinbouw. <http://glastuinbouw.agriholland.nl/certificering4/>

#### **1.14.4 Opdracht**

Benoem alle benodigde, verkregen en gewenste certificaten, van belang voor jouw (stage)glastuinbouwbedrijf. Beschrijf kort en bondig de doelstelling van elk certificaat met bijbehorende verplichte registratie en documentatie. In de volgende internetsite ga je meer te weten komen over enkele bekende zorgsystemen in de glastuinbouw.



## 1.15 Windenergie



Fig. 64 Windmolen

### Windenergie, de feiten

Bij NWEA is een nieuwe flyer met feiten over windenergie verschenen om te gebruiken tijdens informatieavonden voor burgers en volksvertegenwoordigers. In de flyer 'Windenergie, de feiten' wordt onder meer ingegaan op:

- De opbrengst in kWh van windturbines
- De kostprijs van windenergie
- De milieuwinst
- De ruimte op het elektriciteitsnet
- Het aandeel windenergie nu en in de toekomst in het totale elektriciteitsverbruik.

'Windenergie, de feiten' is de opvolger van de flyer 'Feiten die pleiten voor windenergie'.



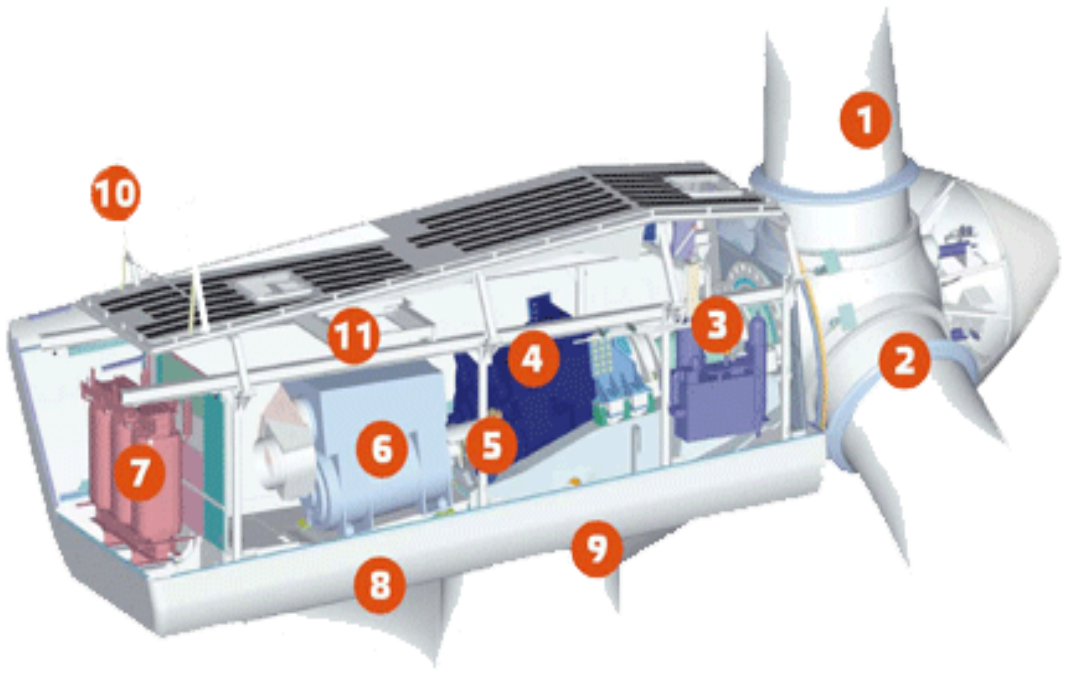
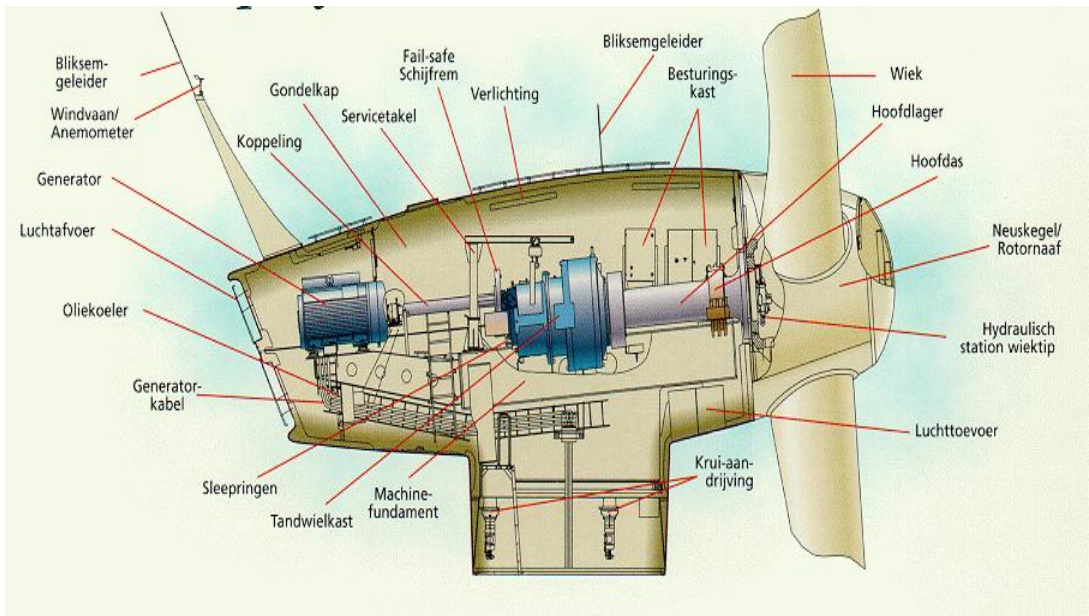


Fig. 65

**Opdracht:** Benoem de onderdelen 1 t/m 11.



Het gebruik van fossiele energiebronnen heeft nadelige effecten op het leefmilieu: denk aan klimaatverandering, luchtverontreiniging, zure regen en olierampen. Windenergie heeft deze nadelen niet. De brandstoffen voor onze energievoorziening komen voor een groot deel uit politiek instabiele regio's. Dat geldt niet voor windenergie. Windenergie maakt ons minder afhankelijk van politieke conflicten elders.

### Windenergie, bewezen en betrouwbaar

Windenergie is een bewezen en betrouwbare techniek. Windenergie levert nu al 4,5 procent van onze elektriciteit en dat kan in de toekomst tot 50 procent groeien. We zijn op de goede weg. Eind 2009 stonden er in Nederland ongeveer 2.000 windturbines met een gezamenlijk vermogen van 2.221 MW. Deze leveren gemiddeld 5,2 miljard kWh per jaar. Dat is net zoveel als het verbruik van ruim 1,5 miljoen huishoudens: meer dan alle huishoudens van Rotterdam en Amsterdam samen, oftewel twintig procent van alle Nederlandse huishoudens (bron: WSH en CBS).

### Grote windmolens, hoge opbrengst

Een moderne windturbine heeft een vermogen van twee tot drie Megawatt (2.000 tot 3.000 kW) of zelfs meer en heeft een mast van 80 tot 100 meter. Een drie MW windturbine produceert op land ruim 6,5 miljoen kWh, dat is genoeg stroom voor bijna 2.000 huishoudens. De komende jaren worden zelfs windturbines van vijf MW of meer toegepast. In België zijn de eerste van zeven MW inmiddels gebouwd. De prijs van windstroom is door schaalvergroting en technische verbeteringen sterk gedaald en zal daardoor ook in de toekomst verder afnemen.

Volgens nationale doelstellingen moet in 2015 in Nederland op land 4.000 MW windenergie gerealiseerd zijn (vergund in 2012) en 950 MW extra op zee. In 2020 moet dit verder uitgegroeid zijn naar 6.000 MW op land en 6.000 MW windenergie op zee. Die turbines zijn onder andere nodig om aan Europese doelstelling voor duurzame energie te voldoen. In totaal zullen deze windturbines ruim 30 miljard kWh per jaar opwekken; bijna een derde van ons totale elektriciteitsverbruik (huishoudens, industrie, etc.). Daarna zal windenergie vooral op zee nog verder groeien, tot 20.000 MW in 2050. Windenergie is dan goed voor 40 tot 50 procent van de totale Nederlandse elektriciteitsbehoefte.

	Wind op land (MW)	Wind op zee (MW)	Totaal (MW)	Aandeel van totale elektriciteitsverbruik
Eind 2009	1.993 MW	228 MW	2.221 MW	4,5 %
Doel 2015	4.000 MW	1.178 MW	5.178 MW	10,5 %
Doel 2020	6.000 MW	6.000 MW	12.000 MW	30 %
Doel 2050	-	20.000 MW	26.000 MW	40-50 %

Fig. 66

In 2009 groeide het vermogen van windenergie in de EU met bijna veertig procent; sneller dan iedere andere vorm van elektriciteitsopwekking. In de EU stond eind 2009 een vermogen van bijna 75.000 MW opgesteld. Wereldwijd was dat 158.000 MW (bron: EWEA).

### Milieuwinst

Eén windturbine van drie MW in Nederland voorkomt de uitstoot van bijna 4.000 ton CO<sub>2</sub>. Dit is te vergelijken met de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 1.000 personenauto's die ieder 25.000 kilometers per jaar rijden (bron: EnergieNed). De hoeveelheid energie die nodig is om een windturbine te fabriceren, te plaatsen, te



onderhouden en na twintig jaar te verwijderen (de hele levenscyclus), wordt door een windturbine in drie tot zes maanden uit de wind teruggewonnen (bron: Milieucentraal).

### De betrouwbaarheid en voorspelbaarheid van windturbines

Moderne windturbines beginnen stroom op te wekken bij windkracht twee tot drie en leveren vanaf windkracht zes het volle vermogen. De meeste turbines schakelen uit bij extreme weersomstandigheden, bijvoorbeeld als het harder waait dan 25 meter per seconde (windkracht tien). De technische beschikbaarheid van moderne windturbines is zeer hoog, hoger dan 95 procent. Dit betekent dat een windturbine slechts een klein deel van de tijd (twee weken per jaar) niet kan draaien vanwege onderhoud of storing.

### Werkgelegenheid en groei

De windenergiebranche groeide de afgelopen tien jaar jaarlijks met 30 procent (Bron: GWEC). In Europa werken ruim 200.000 mensen in de windenergiesector: bij fabrikanten, installatiebedrijven, in het onderhoud en aan de ontwikkeling van nieuwe projecten. Bij de bouw en onderhoud van windparken op zee komt de Nederlandse offshore ervaring goed van pas. Grote bedrijven als Siemens, GDF Suez, Mitsubishi, Total, General Electric en natuurlijk de energiebedrijven investeren veel in windenergie. In Nederland zijn Vestas en Enercon marktleiders voor de levering van windturbines.

WERELDWIJD OPGESTELDE VERMOGEN WINDENERGIE IN MW

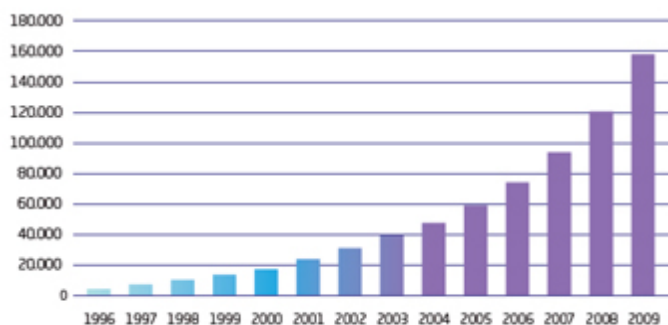


Fig. 67 Grafiek wereldwijd opgestelde vermogen windenergie in MW

### Eerlijke vergelijking van de kosten en baten van windenergie

Een rechtstreekse vergelijking van de huidige marktprijs met de kostprijs van windenergie gaat mank. Want niet alle kosten die te maken hebben met de productie van elektriciteit uit fossiele brandstoffen, worden in de marktprijs doorberekend. Deze 'onzichtbare' of externe maatschappelijke kosten van de productie van elektriciteit uit fossiele brandstoffen zijn aanzienlijk. Denk aan luchtverontreiniging, (kern-)afval, klimaatverandering, opwarming van oppervlaktewater, volksgezondheid, calamiteiten van olieontreiniging op zee en ongelukken in de mijnbouw bij de winning van kolen. Volgens een omvangrijke Europese studie bedragen deze kosten in Nederland voor kolen 3 á 4 ct per kWh en voor gas 1 á 2 ct per kWh (bron: ExterneE, EU).

### De burger betaalt voor verborgen kosten

Deze externe kosten worden op dit moment niet meegerekend in de elektriciteitsprijs. Ze komen dus niet via de elektriciteitsrekening bij de burger, maar uiteraard krijgt de burger de rekening wel op een andere manier gepresenteerd: via belastingen, verzekeringen, kosten voor dijkverzwaring, gezondheidszorg en





luchtvervuiling en de gevolgen van olie- en mijnrampen. Windenergie veroorzaakt slechts ca. 0,1 ct per kWh aan externe maatschappelijke kosten. Windenergie is schoon, er is geen uitstoot van CO<sub>2</sub> (klimaat) of fijnstof (gezondheid), er wordt geen afval geproduceerd en er is geen koelwater nodig. Windenergie veroorzaakt slechts 0,1 ct per kWh aan externe maatschappelijke kosten. Als de externe maatschappelijke kosten eerlijk zouden worden toegerekend, blijkt dat windenergie op land nu al concurrerend is ten opzichte van elektriciteit uit gas of kolen.

### Voordelen toepassing windenergie

De toepassing van windenergie leidt op verschillende manieren tot maatschappelijke en economische baten, zoals prijszekerheid, werkgelegenheid en het voorkomen van een steeds grotere afhankelijkheid van politiek instabiele regio's. Die afhankelijkheid van olie en gas uit politiek instabiele regio's zal, ondanks de groei van duurzame energie, de komende jaren stijgen van vijftig naar zeventig procent, als gevolg van de afnemende olie- en gasproductie in Europa. Daarnaast blijkt uit Deense, Duitse en Spaanse studies dat een groter aandeel windenergie leidt tot een lagere marktprijs voor elektriciteit. Elektriciteit uit windenergie wordt namelijk altijd op de elektriciteitsbeurzen aangeboden, ongeacht het prijsniveau van de beurs. Uit deze studies blijkt dat het prijsvoordeel voor burger al groter is dan het bedrag dat vanuit de belastingopbrengsten aan subsidies wordt betaald.

### Prijsgedoorbraak kosten windenergie

De kosten voor windstroom zijn de afgelopen decennia elk jaar met vijf procent gedaald. Deze trend zal doorzetten. Echter zal elektriciteit opgewekt met fossiele brandstoffen of kernenergie naar ieders verwachting duurder worden. Voor 2020 zullen de kosten van windenergie op land naar verwachting onder of in de buurt van de verwachte marktprijs van elektriciteit komen (bron: ECN). Bij die prijs zijn dan nog niet de vermeden maatschappelijke kosten meegenomen welke gepaard gaan met het verstoken van fossiele brandstoffen.

KOSTPRIJS WINDENERGIE IN EUROCENT PER kWh

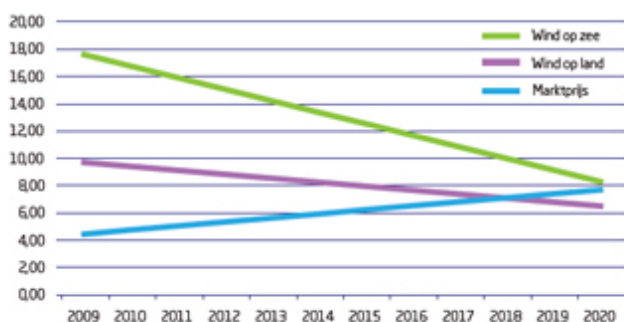


Fig. 68 Grafiek kostprijs windenergie in eurocent per kWh

### Windenergie van de Noordzee

In Nederland zijn twee offshore windparken in gebruik, één voor de kust van Egmond en één verder uit de kust ter hoogte van IJmuiden. In Denemarken, Zweden, Ierland en het Verenigd Koninkrijk zijn al diverse offshore windparken operationeel. Innovatie en schaalvergroting zullen tot prijsdalingen leiden. Het bouwen en onderhouden van windparken op zee vraagt om speciale deskundigheid en ervaring, waarover de Nederlandse offshore bedrijven beschikken. Vanuit de offshore olie- en gasindustrie is veel kennis en



ervaring beschikbaar. Ervaringen bij bestaande offshore windparken leveren waardevolle informatie op voor nieuwe windparken.



Fig. 69

### **Windparken op zee**

Windparken op zee zijn private initiatieven, die per windpark gerealiseerd en gefinancierd worden. De overheid stimuleert en reguleert via vergunningen, belastingfaciliteiten, subsidies en regelgeving. De SDE-regeling (Stimulering Duurzame Elektrische Productie) is bedoeld als compensatie voor de zogeheten onrendabele top van de investeringskosten. Omdat de SDE-bijdrage van de overheid wordt uitbetaald voor daadwerkelijk aan het landelijk net geleverde elektriciteit, kost een windpark de gemeenschap dus alleen geld als het park elektriciteit produceert. De hoogte van de SDE-bijdrage wordt jaarlijks door de Minister van Economische Zaken vastgesteld. Als de marktprijs voor elektriciteit stijgt, gaat de SDE-bijdrage met een zelfde bedrag omlaag.

### **Genoeg ruimte op het elektriciteitsnet**

Het promotieonderzoek van dr. Bart Ummels (TU Delft) toont aan dat windvermogen tot twaalfduizend MW zonder veel problemen op het Nederlandse net kan worden aangesloten. Deze gegevens worden bevestigd door prof. dr. Kling, hoogleraar elektriciteitsvoorziening aan de TU Delft en de TU Eindhoven en destijds werkzaam bij TenneT (de beheerder van het landelijke hoogspanningsnet).

### **Inpassing van windenergie op net zonder problemen mogelijk**

In Noord-Duitsland, Denemarken en Spanje zijn regio's waar het aandeel windenergie dertig tot veertig procent bedraagt. Hier treden geen problemen op bij de inpassing van windstroom in het landelijk net. Windturbines worden voortdurend verbeterd, waardoor de netinpassing ook in bijzondere situaties eenvoudiger wordt. Met behulp van moderne regeltechnieken ('slimme netten') en een sterk elektriciteitstransportnet, is de inpassing van grote hoeveelheden windenergie zonder problemen mogelijk.

### **Windenergie vervangt kolen**

De overheid heeft ervoor gekozen vooral de meest kosteneffectieve vormen van duurzame elektriciteitsproductie te stimuleren. Dat zijn op dit moment windenergie en biomassa. Een volledig duurzame stroomvoorziening is het einddoel. In die eindsituatie zal het gaan om een mix aan duurzame bronnen, zoals wind, zon, biomassa en aardwarmte. We zijn nu in een overgangssituatie waarin we nog afhankelijk zijn van andere, conventionele vormen van elektriciteitsproductie. Windparken kunnen conventionele centrales nog niet volledig vervangen, maar elke kWh uit wind vervangt een kWh aan elektriciteit uit fossiele en nucleaire bronnen.



In de volgende internetsite wordt goed, beknopt en duidelijk de bouw, de onderdelen en de werking van een windmolen besproken: <http://members.home.nl/jangiesen68/.....>

geschiedenis\_van\_de\_windturbine.html  
uit\_welke\_onderdelen\_bestaat\_een\_windmolen.html  
de\_theorie\_achter\_de\_windturbine.html  
hoe\_werkt\_een\_rotorblad.html  
de\_werking\_van\_een\_generator.html  
waar\_een\_windturbine\_te\_plaatsen.html  
aanpassingen\_aan\_het\_elektriciteitset.html  
kosten\_van\_een\_windturbine.html  
subsidie\_windenergie.html  
windturbines\_en\_het\_milieu.html  
de\_windbelt.html

### **Opdracht**

Maak een berekening voor het aanschaffen van een windmolen voor een groot glastuinbouw bedrijf (> 5 ha) met assimilatiebelichting (12000 Lux). Raadpleeg een bedrijf, dat windmolens plaats. Soms is het windstil, anders waait natuurlijk nooit even veel. Bereken de theoretische gemiddelde minimale windsnelheid op jaarbasis voor voldoende beschikbaarheid van de gemiddelde elektrische stroombehoefte.

### **Accuonderhoud**

Het bijvullen van de accu met gedestilleerd water en controle met een zuurweger is keurig met afbeeldingen beschreven in de volgende internetsite. <http://www.weboheftrucks.nl/info-accu-onderhoud>

### **Standaard Acculaders**

Een normale standaardlader is bijna niet meer verkrijgbaar voor de 6 Volt liefhebbers.

Bij dit soort laders moeten wij er bij wijze van spreken naast gaan zitten met de zuurweger in de hand om de stekker uit het stopcontact te trekken, zodat bij het juiste zuurgehalte de accu nog net niet aan het gassen is. Het laden bij deze acculader duurt meestal 14 uur afhankelijk van de ladingstoestand. Naar mate de spanning stijgt, daalt de laadstroom.

Dit type laders dus nooit gebruiken zonder toezicht. Zorg ook voor voldoende ventilatie tijdens het laden.

Dat laatste geldt in principe voor alle acculaders maar vooral de standaard acculade. Bij het bereiken van de eindspanning komen er gassen vrij die vrij explosief zijn (knaalgas).

### **Automatische Acculaders**

Bij moderne acculaders slaat de automatisering toe en men zegt dan, dat wanneer je na aansluiting van zo'n apparaat, je er niet meer naar hoeft om te kijken en de lader pas hoeft te verwijderen wanneer je van plan bent de auto weer te gaan gebruiken.

Dit is ten dele waar, wanneer je zo'n accu laat werken door de lader alsof je de auto normaal gebruikt, zal hij ook verouderen als bij normaal gebruik en dat willen we dus niet.

Voor een korte periode kan het geen kwaad om zo'n acculader te gebruiken, beter is het een type te kiezen die wat spaarzamer met stroom omgaat zoals de Accu-Refresher. Die zorgt voor een laad-ontlaad cyclus waarbij de stromen niet te groot zijn. Met een dergelijke lader kan de accu rustig overwinteren.

Druppelladers hebben weer andere eigenschappen en laden met een constante stroom.





Alleen hebben druppelladers de onhebbelijkheid bij langdurig gebruik de loodplaten te verharden en dus capaciteitsverlies te bewerkstelligen. Dit capaciteitsverlies is later maar ten dele op te heffen.

### **Opdracht**

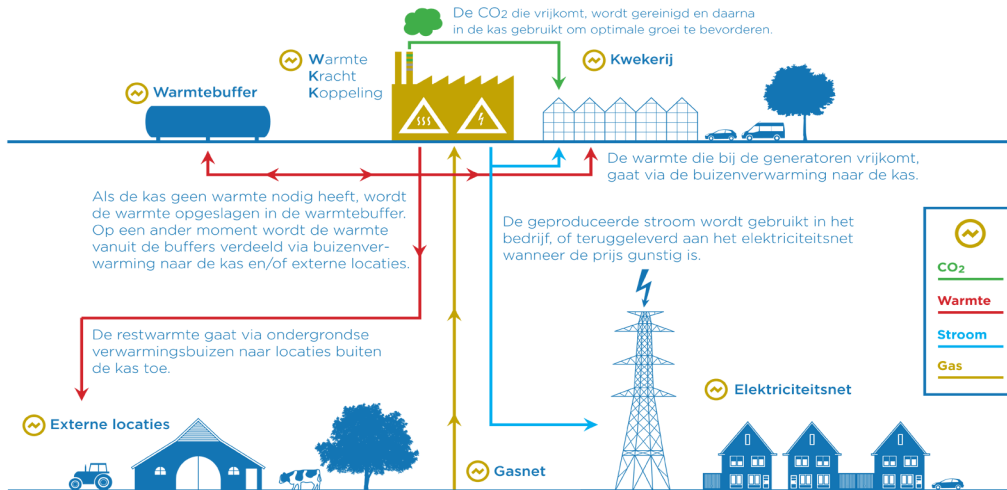
Neem contact op met een bedrijf, gespecialiseerd in de verkoop en onderhoud van aggregaten voor het MKB. Vraag hen naar de praktische tips over het goed en duurzaam onderhouden van een noodstroomaggregaat. Schrijf puntsgewijs een instructievoorschrift voor het onderhoud én voor het gebruik van de aggregaat in geval van stroomuitval in jouw omgeving.



## Hoofdstuk 2. Energie

### 2.1 WKK

## Hoe werkt een WKK?



[www.powerhouse.nl](http://www.powerhouse.nl)

**powerhouse**  
challenge your energy

Fig. 70 De functionele aspecten van een WKK in de glastuinbouw.

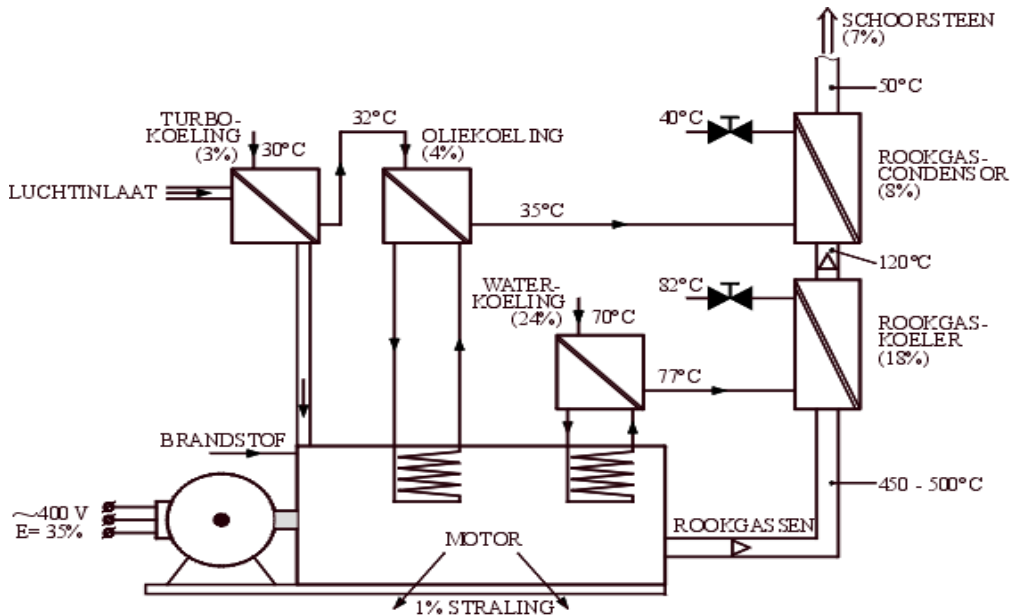


Fig. 71 De schematische tekening van de werking van een WKK.

### Opdracht

Leg in eigen woorden uit hoe een wkk werkt aan de hand van de afbeeldingen 1 en 2.



## 2.2 Ketel



Fig. 72 Ketel

### Opdracht

Benoem alle zichtbare onderdelen van de ketelhuisinstallatie (zie afbeelding - blz. 100).

1. Wat voor type ketel is in de afbeelding (blz. 100) te zien?
2. Wat zijn 2 meest voorkomende typen condensor?
3. Welke type is in de afbeelding (blz. 100) te zien?
4. Waarvoor dient het mangat?
5. Welk onderhoud moet in de ketel jaarlijks worden gedaan?





Fig. 73

6. Wat is het verschil tussen beide verdeelstukken?
7. Teken een verdeelstuk na.
8. Zet pijlen in de buizen in de richting van de warme waterstroom.
9. Wat is de functie van mengklep?
10. Wanneer kan je het beste de afsluiters enkele keren open en dichtzetten ter controle?

## 2.3 Aardwarmte

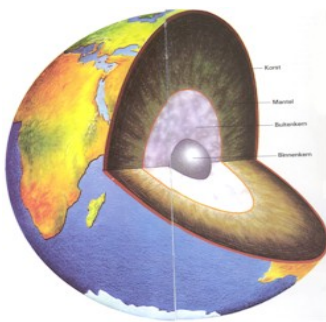


Fig. 74

De aarde heeft een doorsnede van 12756 km. De kern van onze aarde is extreem heet, de temperatuur kan oplopen tot 5000 °C. Deze warmte wordt afgegeven aan de korst van de aarde, welke het vervolgens afgeeft aan de atmosfeer. Deze energievoorraad is vrijwel onuitputtelijk en duurzaam. Dit noemen we aardwarmte of geothermische energie.

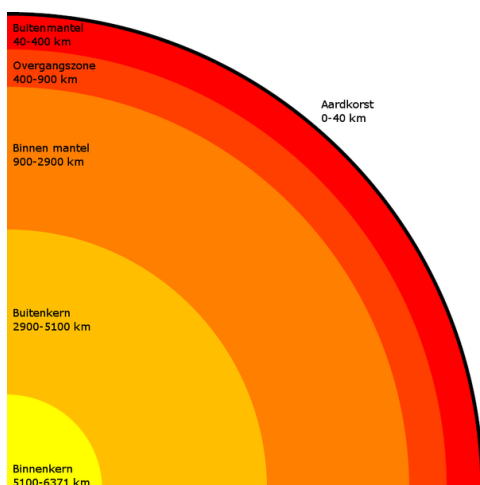


Fig. 75



Deze energie die wordt opgenomen van de aardkorst heeft dus op twee manieren een positief milieu effect. Er worden minder fossiele brandstoffen gebruikt en de directe opwarming van de atmosfeer wordt beperkt. Om gebruik te maken van aardwarmte dient er wel een watervoerende laag te zijn. Dit maakt het mogelijk om het warme water van 3 km diep op te pompen en te gebruiken voor het verwarmen van onze kassen.

De samenwerkende bedrijven van Green Well Westland gaan naar verwachting per jaar 7.000.000 m<sup>3</sup> aardgas en 13.000.000 kilo aan CO<sub>2</sub> besparen.

Het boormanagement wordt gedaan door T. & A. Survey uit Amsterdam. Een in de boorwereld ervaren adviesbureau met expertise voor het maken van het putontwerp en het internationaal aanbesteden van het boren en de boorservice bedrijven

In november 2011 is het boorproject uitbesteed aan het Duitse bedrijf Drill Tec. December 2011 is een start gemaakt met het boren naar een diepte van ongeveer 3000 meter. Heden is de bron operationeel.

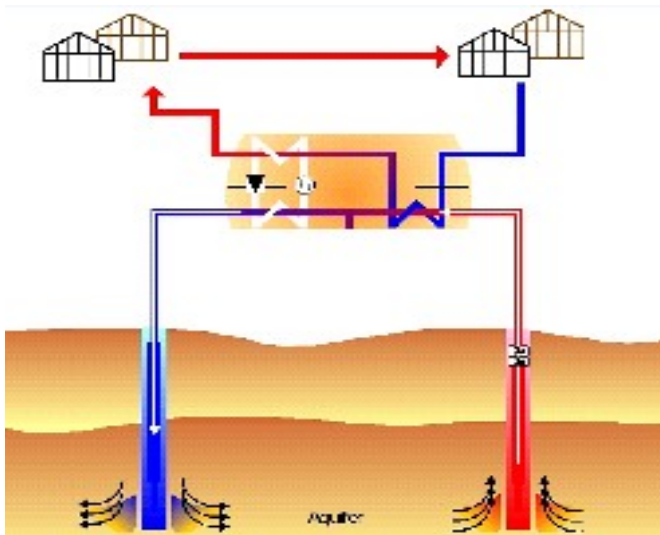


Fig. 76

Er worden twee putten geboord waarin buizen worden aangelegd, een put om het warme water naar boven te pompen en een put om het afgekoelde water weer naar beneden te pompen. De warmte wordt via een warmtewisselaar afgeven aan het leiding tracé naar de aangesloten bedrijven.



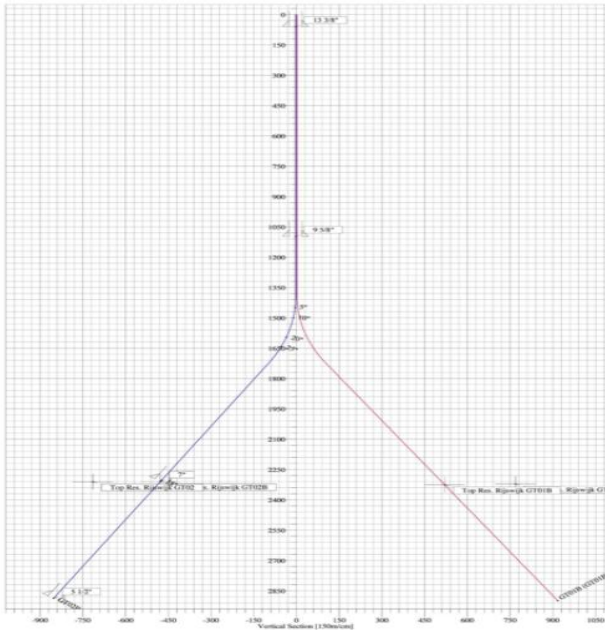


Fig. 77

Voor het boren begint moet er eerst een technisch putontwerp gemaakt worden en goedgekeurd door de instanties. Er moet een keuze gemaakt worden uit de te gebruiken materialen, dikte van de buizen in het boorgat en de opbouw van het boorgat. Eerst is er 100 meter conductorbuis geboord door Hatjema. Daarna is er door Drilltec een schacht geboord van ongeveer 1200 meter. Vervolgens is er de verbuizing (casing) van de eerste 1200 meter aangebracht en daarna de cement om die eerste 1200 meter buis heen gepompt om deze te beschermen en stevig vast te zetten. Daaropvolgend is de 2de 1200 meter op dezelfde wijze geboord en afgewerkt met casing en cement. Daarna zijn de screens (filterbuizen) voor de laatste 700 meter aangebracht.



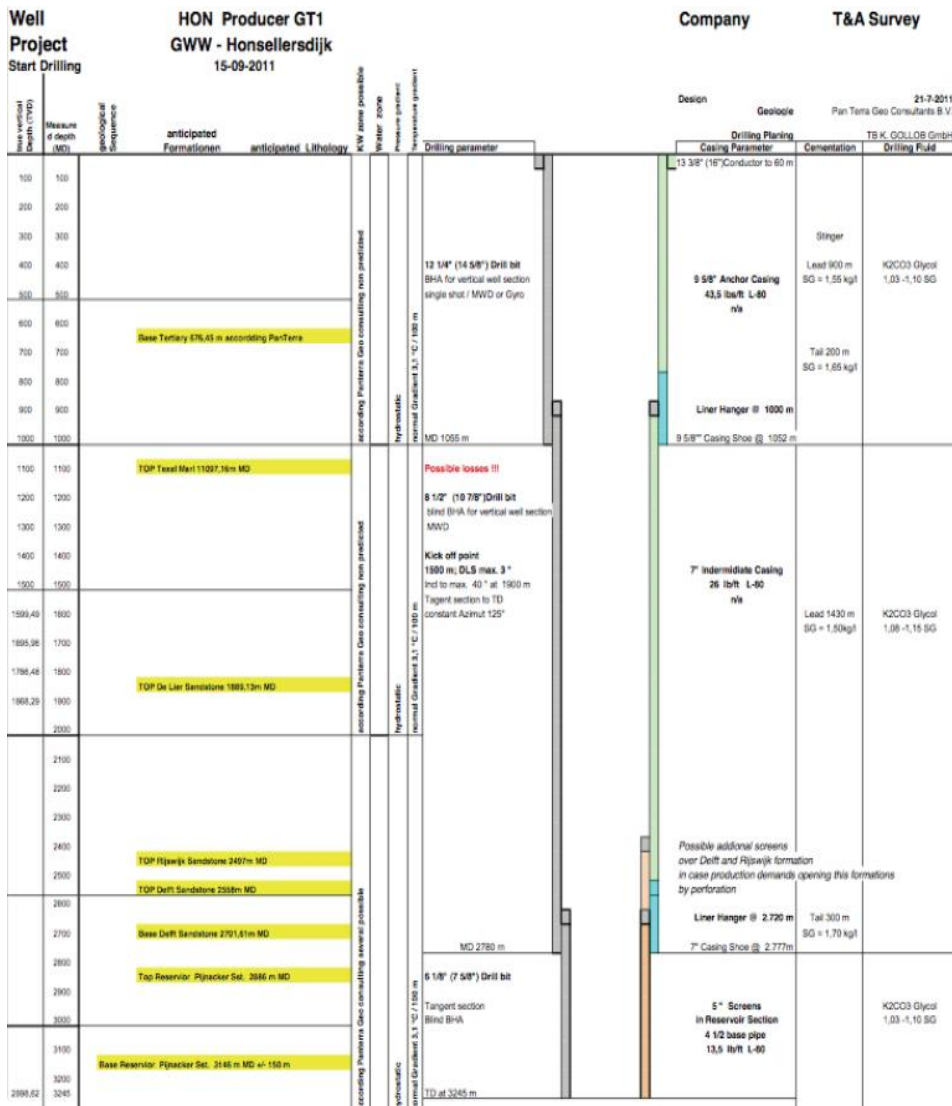


Fig. 78

In totaal is er 2300 meter transportleidingwerk benodigd om de warmte naar de bedrijven te transporteren. Het water uit de bodem wordt in het pomphuis op de boorlocatie afgekoeld door 3 warmtewisselaars en direct weer de bodem ingebracht. De transportleidingen vormen een gesloten systeem gevuld met zoet water. Dit water wordt continu opgewarmd door de warmtewisselaars. Op de aangesloten bedrijven worden eveneens warmtewisselaars geplaatst om de warmte aan de gebruikers over te dragen. Dit project is in februari 2012 uitbesteed aan VB Projects uit de Lier.







Fig. 79

Meer informatie over de aardwarmte in de westlandse bodem is te zien op de volgende internetsite, inclusief enkele korte films o.a. 'Ronde met Jos'. <http://www.green-well-westland.nl/index.php/nl/media-nl/film/16-media/films/34-aardwarmte-green-well-westland>

Een korte animatiefilm is te zien op [www.youtube.com](http://www.youtube.com) door in te tikken 'Hoe werkt aardwarmte?'.

Het meest leerzaam is het bijwonen van een excursie onder leiding van de initiatiefnemer Jos Scheffers. Maak een kort verslag van deze excursie met gebruik van de internetsite.

## 2.4 Zonne-energie

### Feitelijke Nederlandse markt zonne-energie

Het is nooit eerder zo interessant geweest voor woningeigenaren om zelf 'zonne' stroom van het eigen dak te gaan produceren. Dit komt met name door de combinatie van de relatief hoge energiebelasting voor consumenten en de grote prijsdaling van zonnepanelen in korte tijd.

### De stroomprijs en energiebelasting in Nederland

De prijs per kWh elektriciteit voor consumenten is in Nederland relatief hoog en bedraagt ongeveer € 0,25 (CBS energieprijzontwikkeling 3e kwartaal 2011). Dat komt omdat in Nederland relatief veel energiebelasting wordt geheven op kleinverbruikers vergeleken met andere Europese landen (CE 2011), 60% van de stroomprijs voor consumenten bestaat momenteel uit energiebelasting en BTW. Naar verwachting zal de stroomprijs voor consumenten de komende jaren stijgen.





Over stroom die wordt opgewekt met zonnepanelen op eigen dak en wordt terug geleverd aan het elektriciteitsnet hoeven huishoudens in Nederland tot 5000 kWh per jaar geen energiebelasting en BTW te betalen.

### **De prijs van zonnepanelen**

De prijs van zonnepanelen is de laatste 10 jaar in Nederland met ruim 80% gedaald. Deze spectaculaire daling is een gevolg van mondiale massaproductie aangedreven door een gesubsidieerde vraag uit landen zoals Duitsland, efficiëntere productiemethoden en een verbetering van het energetisch rendement van de zonnecellen. Nederlandse particuliere huiseigenaren kunnen inmiddels panelen kopen voor een prijs van 0,80 euro cent per Wattpiek (excl. btw) tegen meer dan 4 euro tien jaar geleden. Dit betekent dat een huishouden die tien jaar geleden 2000 kWh zonnestroom wilde opwekken nog ongeveer 10.000 euro moest betalen voor de panelen en nu nog maar 2000 euro (excl. btw).

Woningeigenaren hebben echter niet alleen panelen nodig om stroom op te wekken uit energie van de zon, maar ook een omvormer, montagematerialen, kabels en een installateur die de panelen monteert en de meterkast aanpast. De panelen vormen nu ongeveer 35-40% van de totale kosten en dat aandeel zal verder kunnen afnemen. Andere factoren dan de panelen bepalen dus in toenemende mate de prijs van een all-in-zonpakket. De verwachting is dat prijzen van deze factoren, zoals arbeidsloon van een installateur, niet snel naar beneden zullen gaan.

### **Zonnestroom van je eigen dak zonder subsidie is goedkoper dan stroom van energiebedrijven**

Voor stroom ingekocht bij het energiebedrijf betalen consumenten nu gemiddeld 25 cent per kWh, terwijl woningeigenaren zelf zonnestroom kunnen opwekken met eigen zonnepanelen tegen ongeveer 21 cent per kWh<sup>1</sup>.

Hierbij is uitgegaan van de volgende bronnen en uitgangspunten: de kostenontwikkeling van zonnecellen en panelen sinds het jaar 2000 zijn gebaseerd op gegevens van de Europese zon-pv industrie associatie (EPIA, 2011), uitgangspunt is een zonnepakket met omvang van 1920 Wp, een conversieratio Wp-kWh van 0,88, eenmalige installatie en overige kosten van ca 1800 euro, een discontovoet van 6%, een afname-degradatie van het rendement van de panelen met 0,5% per jaar, extra vervangingskosten van 883 euro voor een nieuwe omvormer na 12 jaar en een totale levensduur van de panelen van 25 jaar. De prijs van stroom van energiebedrijven is gebaseerd op CBS (2011).

Onderstaande figuur illustreert dat stroom opgewekt met eigen zonnepanelen voor consumenten sinds kort goedkoper is dan stroom ingekocht bij een energiebedrijf indien rekening wordt gehouden met alle kosten, inclusief gederfde rente. Tot voor kort werd gedacht dat deze situatie zich pas in Nederland over enkele jaren zou voordoen. Maar dit punt is nu al bereikt.

Bron: [http://www.natuurenmilieu.nl/media/301630/120129\\_factsheet\\_zonnepanelen.pdf](http://www.natuurenmilieu.nl/media/301630/120129_factsheet_zonnepanelen.pdf)

De levensduur van zonnepanelen en de vermogensgarantie van de leverancier is thans 25 jaar. De meeste mensen wonen echter niet zo lang in hun woning. Mensen die eerder verhuizen, kunnen een meerwaarde krijgen bij verkoop van hun huis omdat er zonnepanelen op hun dak zitten. Deze meerwaarde wordt zichtbaar doordat woningen met zonnepanelen hoger scoren op het energielabel. Het energielabel is verplicht voor alle woningen die verkocht worden. De overheid heeft recent aangekondigd dat transacties



niet kunnen plaatsvinden zonder energielabel waardoor mensen die hun huis verkopen een betere garantie hebben dat ze de restwaarde van hun zonnepanelen kunnen verzilveren.

### Nederland heeft achterstand

Per inwoner wordt er in Nederland relatief weinig elektriciteit uit zonne-energie opgewekt, ook in vergelijking met direct omringende landen. Eind 2010 scoorden alleen Bulgarije en het Verenigd Koninkrijk lager dan Nederland (zie grafiek). Inmiddels heeft het Verenigd Koninkrijk ons ingehaald door de introductie van een nieuwe subsidie in 2011.

De meeste Europese landen hebben een subsidieregeling voor duurzame energie waardoor duurzame energie een sterke groei door maakt in Europa. Met name in landen waar producenten van duurzame stroom standaard een vaste vergoeding krijgen per kWh geleverde stroom aan het elektriciteitsnet gaat het hard met de groei van duurzame energie (een zogenaamd feed-in-tarief). Duitsland is daar een goed voorbeeld van. Per inwoner is daar 50x meer zonne-energie geïnstalleerd dan in Nederland.

Nederland kende ook subsidies voor duurzame energie, maar voor zonne-energie was deze regeling over de afgelopen jaren niet succesvol. Binnen de subsidieregeling duurzame energieproductie (SDE) kwam maar een zeer beperkt aantal particulieren in aanmerking voor een subsidie op zonnepanelen. Particulieren en bedrijven schreven zich massaal in voor de subsidie op zonnepanelen, maar via een loterij kregen slechts een aantal gelukkigen een subsidiebeschikking. Hierdoor ontstond een afwachtende en onduidelijke markt en kwam zonne-energie in Nederland nooit echt van de grond. De SDE-subsidie van € 650 per aanvrager voor zonnepanelen voor particulieren is met ingang van 2011 helemaal stopgezet waardoor er geen onduidelijkheden meer zijn voor consumenten.

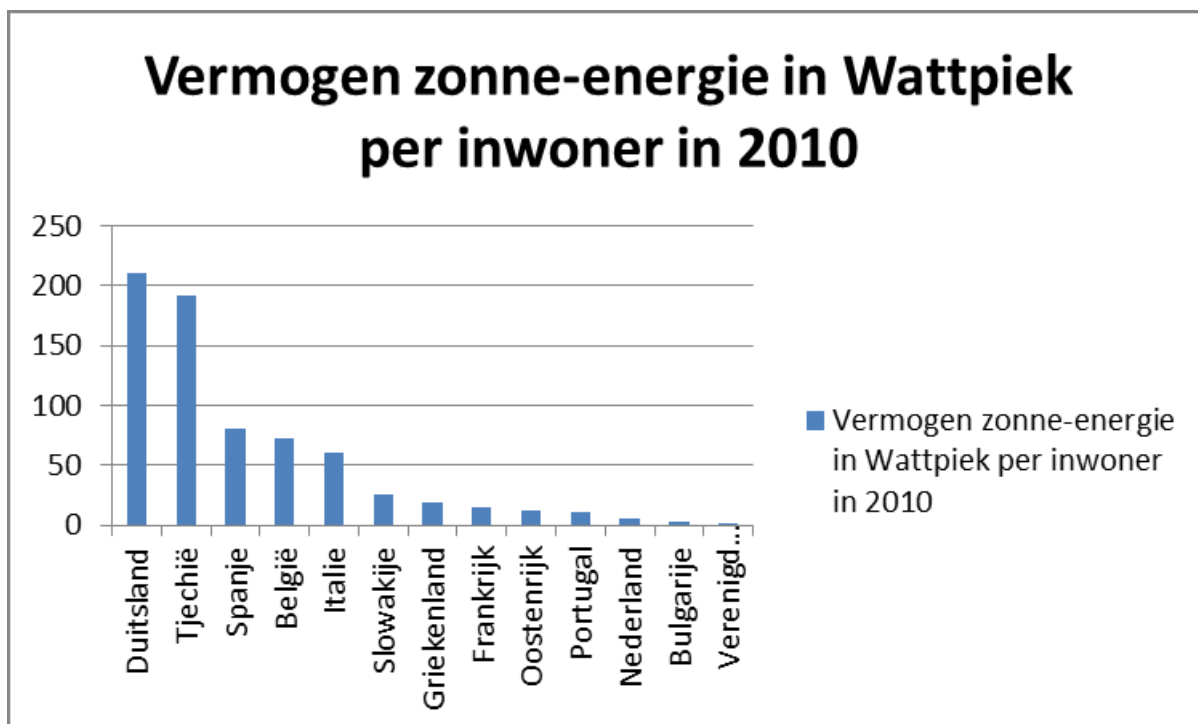


Fig. 80 Vermogen zonne-energie in Wattpiek. Bron: EPIA rapport Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015 en CBS rapport Hernieuwbare energie in Nederland in 2010.



## **Enorme potentie in Nederland**

Veel Nederlandse woningen hebben nog geen zonnepanelen en er is veel belangstelling. Uit onderzoek van Motivaction (voorjaar 2011) in opdracht van Natuur & Milieu bleek dat negen van de tien Nederlanders meer zonnepanelen wil in Nederland en dat de helft graag panelen op zijn eigen dak wil. Hoewel veel consumenten bereid zijn zonnepanelen aan te schaffen doen zij dat niet vanwege de kosten en het gedoe dat bij aanschaf en installatie komt kijken. Mensen zijn helaas nog niet bekend met het feit dat zonne-energie tegenwoordig prima uit kan. Van de mensen die zonnepanelen op hun dak willen geeft 50% aan dat ze zeker of waarschijnlijk zullen bestellen als alles wordt geregeld met 1 druk op de knop en 34% geeft aan dat ze (waarschijnlijk) sneller positief zullen reageren op een aanbieding door een onafhankelijke milieuorganisatie zonder commercieel belang. 19% van de geïnteresseerden heeft er tussen € 3000 en € 5000 voor over.

Natuur & Milieu wil met haar collectieve inkoopactie Zon Zoekt Dak deze belangstellende woningeigenaren een kwalitatief hoogwaardig zonnepakket aanbieden met totale ontzorging.

## **Hoe werkt een zonnepaneel?**

Een zonnepaneel zet zonlicht direct om in stroom. Dit heet het fotonvoltaïsch effect. De officiële benaming voor een zonnepaneel is kortweg PV-paneel (naar het Engelse 'PhotoVoltaic'). Een zonnepaneel bestaat uit kleine zonnecellen die met elkaar verbonden zijn. Elke zonnecel is opgebouwd uit flinterdunne laagjes halfgeleidend materiaal. Dit materiaal zorgt ervoor dat er onder invloed van het zonlicht een spanningsverschil ontstaat.

Het spanningsverschil is de opgewekte zonne-energie. De opgewekte zonne-energie wordt via een omvormer voor zonnepanelen aangesloten op het elektriciteitsnet.

## **De omvormer van zonnepanelen**

Wanneer u stroom gaat opwekken met zonnepanelen is de omvormer onmisbaar. De omvormer zorgt er namelijk voor dat de stroom die is opgewekt van uw zonnepanelen wordt omgezet in stroom die u in huis kunt gebruiken.

## **Zonnepanelen omvormer, wat is het?**

De omvormer is een belangrijk onderdeel bij het opwekken van stroom met zonnepanelen. De opgewekte stroom of spanning die zonnepanelen leveren is in veel gevallen niet direct geschikt voor gebruik in huis. Zonnepanelen leveren namelijk gelijkstroom en niet de wisselstroom die normale elektrische apparaten gebruiken. U heeft daarom altijd een omvormer nodig die de gelijkspanning omvormt naar wisselspanning.

Om de opgewekte stroom goed om te vormen moet de omvormer goed zijn afgestemd op het totale vermogen van de zonnepanelen. Om die reden is het meestal niet mogelijk om uw zonnepanelen op een later tijdstip uit te breiden zonder een nieuwe omvormer te kopen. Het totale piekvermogen van de zonnepanelen wordt al snel te groot voor de bestaande omvormer.

## **De plaats van de omvormer**

U kunt de omvormer het beste plaatsen op een plek die niet al te stoffig is en waar hij zijn warmte goed kwijt kan. Een krappe, niet geventileerde meterkast is daarom geen goede plek, maar een koele garage bijvoorbeeld wel. Vaak wordt de omvormer op zolder gehangen, omdat dan de afstand tussen zonnepanelen en omvormer zo kort mogelijk is. Het energieverlies dat kan ontstaan door de kabels is dan zo klein mogelijk.



Moderne omvormers werken heel stil, maar maken altijd wel een beetje geluid. Met name midden op de dag, als de zon het hoogst staat. Het geluid van de omvormer kan hinderlijk zijn in een woon- of werkkamer. Wij raden u daarom aan om een plek te vinden die u niet dagelijks gebruikt.

### Energie terugleveren met zonnepanelen en salderen

Met zonnepanelen wekt u zelf duurzame stroom op. Deze stroom gebruikt u direct voor uw elektrische apparaten thuis. Bijvoorbeeld voor uw koelkast, vriezer of ventilatiesysteem. Heeft u minder stroom nodig dan uw zonnepanelen opwekken? Dan gaat die stroom automatisch het elektriciteitsnet in. Dit heet terugleveren.

Wekken uw zonnepanelen even geen stroom op, maar u verbruikt wel stroom? Dan neemt u gewoon stroom af bij Nuon. Uw meter houdt dit allemaal keurig bij. Zo kunnen wij uw teruggeleverde stroom op uw jaarnota verrekenen met de stroom die u afneemt bij Nuon. Dit noemen we salderen.

### Terugleververgoeding

Levert u meer stroom terug dan u heeft afgenomen bij Nuon? Dan blijft er na het salderen nog teruggeleverde energie over. U ontvangt over deze teruggeleverde energie een terugleververgoeding. Deze vergoeding is 7 eurocent per kWh.

### Salderen rekenvoorbeeld

Nuon levert u meer energie dan u aan Nuon. Uw opwek wordt dan gesaldeerd. Uw teruggeleverde energie wordt in mindering gebracht op uw verbruik.

Voorbeeld	
Uw jaarverbruik*	3.500 kWh
Uw zonnepanelen wekken op	3.000 kWh
U bespaart	$3.000 \text{ kWh} \times \text{€ } 0,22^{**} = \text{€ } 660,-$
U betaalt aan Nuon	$500 \text{ kWh} \times \text{€ } 0,22^{**} = \text{€ } 110,-$

Tabel 14

### Energie terugleveren rekenvoorbeeld

U levert meer energie aan Nuon, dan Nuon aan u. Uw teruglevering wordt dan volledig verrekend met onze levering aan u. Netto ontvangt u een vergoeding voor het deel wat u meer teruglevert. Dit is 7 eurocent per kWh.



Voorbeeld	
Uw jaarverbruik*	3.000 kWh
Uw zonnepanelen wekken op	4.000 kWh
U bespaart (uw totale jaarverbruik)	$3.000 \text{ kWh} \times \text{€ } 0,22^{**} = \text{€ } 660,-$
Nuon betaalt aan u	$1000 \text{ kWh} \times \text{€ } 0,07^{***} = \text{€ } 70,-$

Tabel 15

\* Opgewekte energie wordt eerst in uw huishouden gebruikt. Uw jaarverbruik zal hierdoor lager uitvallen.

\*\* Dit is een voorbeeld stroomprijs. Dit is de stroomprijs van het energiecontract dat u heeft afgesloten. Bekijk uw stroomprijs op uw jaarfactuur.

\*\*\* U krijgt voor het 'overschot' een vaste vergoeding van 7 eurocent. Over deze kWh mag Nuon u geen energiebelastingen (en voor consumenten: btw) teruggeven. Daarom adviseert Nuon altijd om zonnepanelen te laten installeren waarmee u op jaarbasis niet meer opwekt dan uw eigen verbruik.

### Hoe kunt u salderen en energie terugleveren?

U kunt salderen als u een zogenaamde kleinverbruik aansluiting heeft (tot 3x80Ampère). Dit geldt voor de meeste huishoudens. Om energie terug te leveren moet u uw zonnepanelen-systeem bij de netbeheerder aanmelden. Koopt u uw zonnepanelen via Nuon bij Feenstra? Dan meldt Feenstra uw zonnepanelen-systeem aan bij uw netbeheerder via [www.energieleveren.nl](http://www.energieleveren.nl). Uw netbeheerder neemt vervolgens contact met u op. Moet uw meter vervangen worden? Dan is dit meestal gratis. Heeft u uw zonnepanelen ergens anders gekocht? Dan moet u zelf uw zonnepanelen aanmelden via [www.energieleveren.nl](http://www.energieleveren.nl).

Uw teruggeleverde energie wordt gesaldeerd op uw jaarafrekening. Dit gebeurt vanaf het moment dat uw netbeheerder aan ons doorgeeft dat uw zonnepanelen-systeem is aangemeld. U ontvangt van ons een brief wanneer wij dit bericht van de netbeheerder hebben ontvangen.

Tip: meldt uw zonnepanelen-systeem alvast aan voordat de installatie wordt uitgevoerd. Dit kan tot 4 weken van tevoren. Hiermee versnelt u het registratieproces bij uw netbeheerder en Nuon. Daardoor kunnen wij u beter van dienst zijn met eventuele vragen en het administratief verwerken van uw opgewekte stroom.

### Opbrengst van zonnepanelen berekenen

Om de opbrengst van een zonnepaneel te berekenen is het vermogen van het zonnepaneel belangrijk. Het vermogen van zonnepanelen wordt uitgedrukt in Wattlepiek (Wp), bijvoorbeeld 250 Wattlepiek zoals in het Zon Basis-pakket. De 250 Wattlepiek is het vermogen dat een zonnepaneel maximaal levert onder optimale en gestandaardiseerde weersomstandigheden. Deze zijn: een temperatuur van 25°C en een lichtintensiteit van 1000W/m<sup>2</sup>. In Nederland gaan we er vanuit dat een zonnepaneel ongeveer 850 tot 900 uren per jaar op vol vermogen werkt. Dit noemen we vollast-uren.



### **Hoe kan ik nu de opbrengst van zonnepanelen berekenen?**

Door het vermogen van de zonnepaneel en de vollast-uren met elkaar te vermenigvuldigen krijgt u de opbrengst van de zonnepaneel in kWh per jaar. Een zonnepaneel in het Zon Basispakket levert dus op:

250 Wp x 850 uur = ongeveer 213 kWh per jaar.

Bij het berekenen van deze opbrengst van zonnepanelen is uit gegaan van de Nederlandse omstandigheden en ideale plaatsing van het zonnepaneel.

### **De ideale plaatsing van zonnepanelen**

De opbrengst van uw zonnepanelen is ook afhankelijk van de plaatsing van de zonnepanelen op uw dak. Er zijn verschillende daktypes en manieren om uw zonnepanelen te plaatsen. Lees meer informatie over daktypes en de plaatsing van zonnepanelen.

De opbrengst van zonnepanelen en CO<sub>2</sub>-besparing

Als u 1 kWh duurzame stroom opwekt, zorgt u er voor dat er 0,62 kg minder CO<sub>2</sub> in de atmosfeer komt. Een paneel van 250 Wp levert ongeveer 213 kWh per jaar op. Daarmee voorkomt u de uitstoot van 0,62 kg x 213 kWh = ruim 130 kg CO<sub>2</sub> per jaar. Met het Zon Basis-pakket van 10 zonnepanelen bespaart u dus zo'n 1300 kg CO<sub>2</sub>. Dit staat ongeveer gelijk aan 9.300 kilometer rijden in een kleine personenauto. Ieder jaar weer.

### **Opdracht**

Als u 1 kWh duurzame stroom opwekt, zorgt u er voor dat er 0,62 kg minder CO<sub>2</sub> uitstoot in de atmosfeer gebeurt. Reken dit na tot het juiste verbruik (m<sup>3</sup>) van aardgas (=CH<sub>4</sub>).

### **Nuon ZonContract**

Binnenkort krijgen we een uniek energiecontract. Heeft u zonnepanelen? Dan heeft u met dit energiecontract uw zonnepanelen gegarandeerd sneller terugverdiend! Schrijf u nu in. Wij brengen u als eerste én vrijblijvend op de hoogte van dit contract.

### **Rendement van zonnepanelen**

Wat is het rendement van zonnepanelen? Er is het technische rendement en het financiële rendement van zonnepanelen. Wat is het verschil? Lees hieronder meer informatie over het rendement van zonnepanelen.



### **Financieel rendement zonnepanelen**

Heeft u het Zonnepanelen Advies ingevuld? Dan krijgt u een schatting van het 'financieel rendement.' Dit wordt aangegeven met een percentage. Wat houdt dit percentage in? Stel: uw spaargeld op de bank levert u nu 2,5% rente op. Maar u kunt dat geld ook in zonnepanelen investeren. Volgens het Zonnepanelen Advies heeft u een financieel rendement van 5% op uw investering. Daarmee behaalt u dan twee keer zoveel 'rente' op uw investering. Een stuk hoger dus!

Waar is het percentage op gebaseerd? Dit percentage is gebaseerd op de Standaard Rekenmethode van Milieu Centraal. Het doel van deze onafhankelijke berekening is om u betrouwbare informatie te geven. In de berekening van het financieel rendement is rekening gehouden met onderhoudskosten, een lichte stijging



van de stroomkosten en een actuele rentestand. Zo kunt u de juiste keuze of u wilt investeren in zonnepanelen. Lees meer informatie over de Standaard Rekenmethode.

### Het technische rendement van zonnepanelen

Het technische rendement op zonnepanelen geeft aan hoeveel zonlicht er omgezet kan worden in bruikbare energie. Dit technische rendement van zonnepanelen ligt tegenwoordig tussen de 14% en 22%. De hoeveelheid zonlicht die het paneel kan omzetten in bruikbare energie is niet afhankelijk van het vermogen, maar van de afmetingen van het zonnepaneel. Zonnepanelen met meer vermogen zijn daarom meestal ook wat groter. Natuurlijk levert een zonnepaneel met meer vermogen meer kWh's per jaar op.

### Opdracht

Maak een begroting voor een huishouden in een veel voorkomende eengezinswoning voor het aanschaffen van zonnepanelen. Denk na over o.a. de volgende vragen:

- Hoe lang gaan zonnepanelen mee?
- Wat is het onderhoud voor optimaal werkende panelen?
- Wat is de meest gunstige ligging voor het maximale rendement van zonnepanelen?
- Wat is het energieverlies tussen lichtopvang en werkelijke stroomgebruik?
- Uit welke onderdelen bestaat de installatie?
- Wat is de aanschafwaarde van de installatie?
- Wat is het jaarlijkse stroomverbruik voor het gekozen huishouden?
- Na hoeveel jaren is de installatie precies terugverdiend?

## 2.5 Warmteopslag

### Aquifer, WKO

#### Ondergrondse warmte en koudeopslag

Bij aquiferopslag wordt gebruik gemaakt van een watervoerende laag om warmte of koude op te slaan. In veel gevallen wordt een aquifer opslagsysteem toegepast voor het opslaan van zowel koude als lage temperatuur warmte ten behoeve van koeling en ruimteverwarming van gebouwen. Hierbij wordt in de winterperiode grondwater opgepompt uit één of meer warme bronnen, vervolgens wordt de warmte die is opgeslagen in het grondwater gebruikt voor verwarmingsdoeleinden, waarna het afgekoelde grondwater wordt teruggebracht in de aquifer via koude bronnen. In de zomerperiode verloopt het proces in omgekeerde richting. Koud grondwater wordt opgepompt uit de koude bronnen, gebruikt voor koeling en vervolgens wordt het opgewarmde grondwater weer geïnfiltreerd in de warme bronnen.



Fig. 81



Ondergrondse opslag van warmte en koude in aquifers is wel een beproefde techniek in de tuinbouw. Al naar gelang de behoefte wordt water onttrokken of juist toegevoegd aan die diepere grondlagen. De watervoerende pakketten in de grond (aquifers) moeten zowel qua samenstelling, stroomsnelheid en -richting als qua diepte voldoen aan minimumeisen om een efficiënte en effectieve toepassing te garanderen. Certhon werkt samen met gespecialiseerde partners om vast te kunnen stellen óf en hoe de aquifers exploitabel te maken zijn.

Door één of meerdere bronnen te boren en filters te plaatsen op de juiste diepte, wordt het mogelijk veel zuurstofvrij water te onttrekken en te infiltreren. De temperatuur van het bronwater is van nature van 11 à 12 °C. Door verwarmd water van doorgaans maximaal 25 à 30 °C te infiltreren worden warme bronnen gecreëerd. Deze warmte blijft in de nabijheid van de infiltratiebron doordat het grondwater zich op grotere diepte nauwelijks verplaatst.

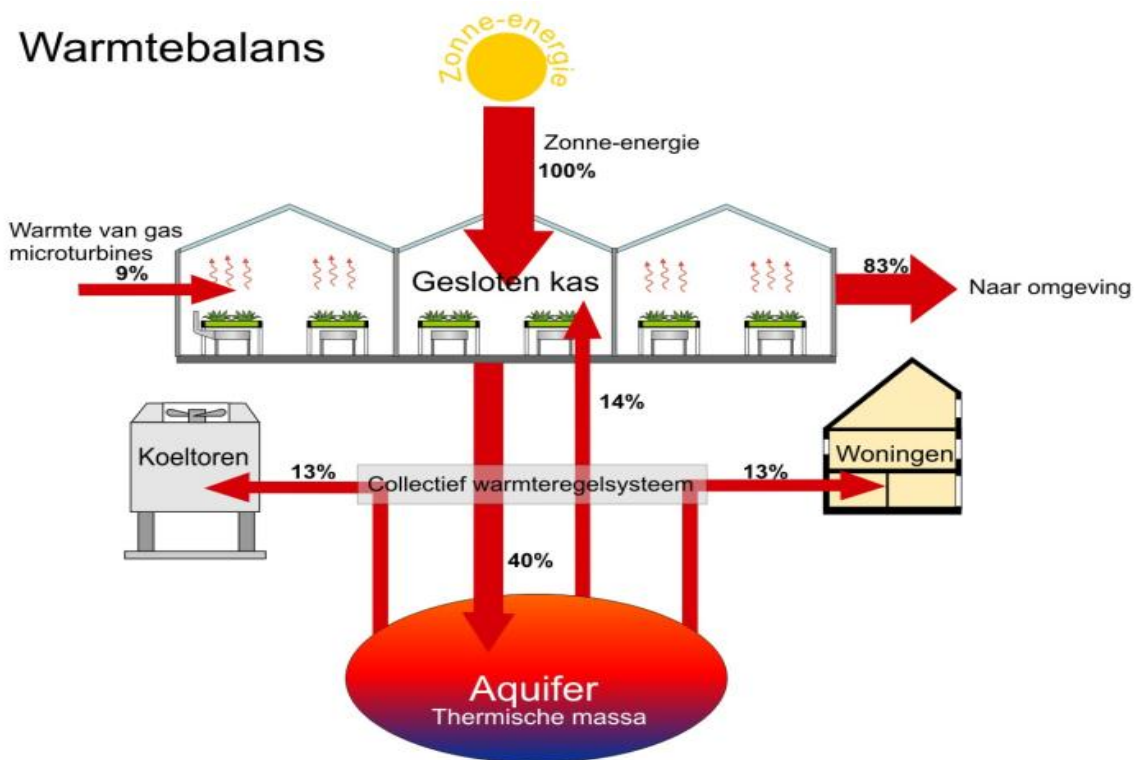


Fig. 82

### Warmtepomp waardeert op

Tijdens de wintermaanden wordt het opgewarmde water aan de warme aquifers onttrokken. De warmtepomp haalt de energie vervolgens uit dit warme water en waardeert dit op tot hoogwaardige energie, die kan worden gebruikt voor kasverwarming. Als gevolg van de warmteonttrekking door de warmtepomp resteert er afgekoeld grondwater. Dit koude water met een temperatuur van doorgaans 5 à 8 °C kan vervolgens in de bodem worden geïnfiltrerd. Op deze manier worden koude bronnen gecreëerd. Tijdens de warme maanden kan het koude water uit de aquifer, zonder tussenkomst van de warmtepomp, worden benut voor het koelen van de kasbodem en/of de kaslucht.





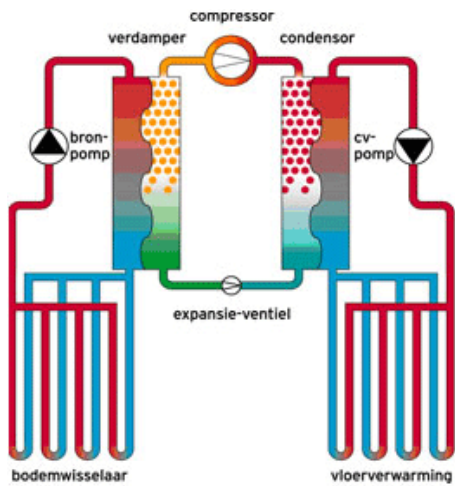


Fig. 83

### Welk opslagrendement is realiseerbaar?

Aquifer opslag biedt de mogelijkheid koude en lage temperatuur warmte op te slaan gedurende een seizoen met een rendement van 70 tot 90%. Indien warmte wordt opgeslagen op een hogere temperatuur, dan daalt het opslag-rendement naarmate de opslag-temperatuur hoger wordt. Er zijn aquifer opslag-projecten gerealiseerd met een opslag-temperatuur van 90°C. Bij deze opslag-temperatuur is een opslag-rendement realiseerbaar van 50 tot 70%.

Om de genoemde opslag-rendementen te realiseren, dient aan twee voorwaarden te worden voldaan: de aquifer dient geschikt te zijn voor energie-opslag en het project dient van voldoende omvang te zijn.

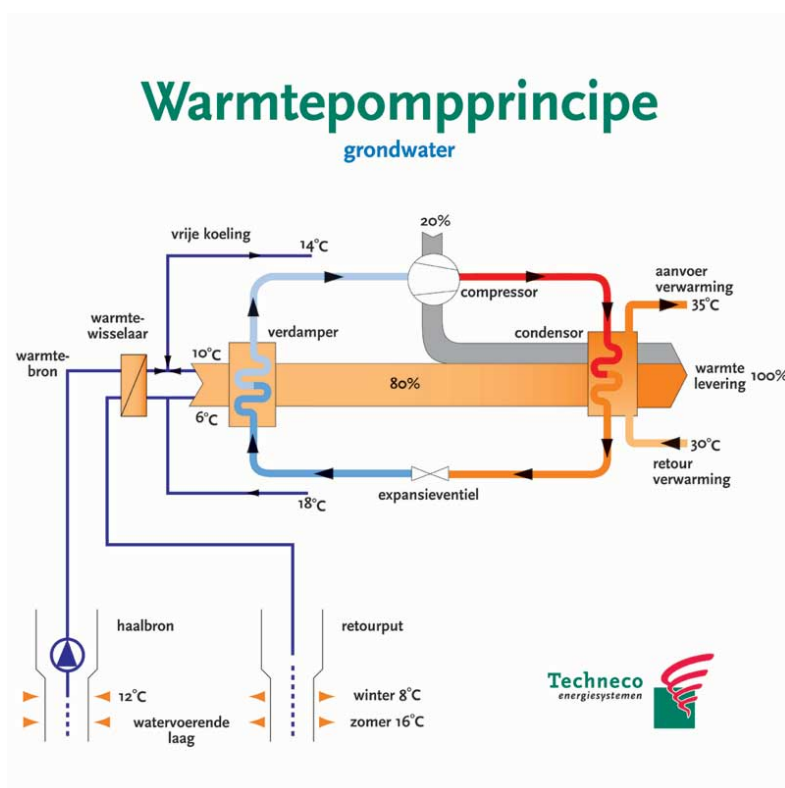


Fig. 84



### **Is elke aquifer geschikt?**

Helaas niet. De aquifer kan een zandlaag zijn, maar ook een laag van zandsteen of kalk. Voor koudeopslag en lage temperatuur warmte-opslag dient deze laag voldoende dik te zijn (dikte > 10 meter), voldoende doorlaat-vermogen te hebben (doorlaat-vermogen > 100 m<sup>2</sup>/d) en tevens mag de natuurlijke grondwater-stroming niet te hoog zijn (grondwater-stroming < 50 meter per jaar, voor grote projecten < 100 meter per jaar). Indien de grondwater-stroming hoog is, gaat veel van de opgeslagen warmte of koude verloren gedurende de opslag-periode. In dat geval is het beter de aquifer te gebruiken voor een bodemgekoppelde warmtepompsysteem.

Wordt de aquifer gebruikt voor warmte-opslag op hogere temperatuur, dan is een hoge waarde van het doorlaat-vermogen ongewenst, omdat bij een hoog doorlaat-vermogen de warmte-verliezen door vrije convectie-stroming toenemen.

### **Welke project-grootte is gewenst?**

Het antwoord op deze vraag is afhankelijk van de rand-voorwaarden. Bij toepassing van aquiferopslag voor de gecombineerde koeling en verwarming van een gebouw, wordt een gunstig energetisch rendement bereikt indien de aquifer-opslag een capaciteit heeft van meer dan 200 à 300 kW koel-vermogen. Veelal is deze omvang niet economisch haalbaar. Het aquifer opslag-project is meestal economisch interessant voor een koel-vermogen groter dan 800 à 1000 kW.

### **Is een aquifer opslag-project hetzelfde als een bodemgekoppelde warmtepomp project?**

Nee, een deel van de energievoorzieningsystemen met aquifer-opslag heeft geen warmtepomp. De aquifer opslag-systemen die wel een warmtepomp hebben, maken in de zomer gebruik van directe koeling met behulp van de opgeslagen koude, dat wil zeggen zonder inschakeling van de warmtepomp. Deze aquifer opslag-systemen kunnen dus worden beschouwd als geavanceerde bodem-gekoppelde warmtepomp systemen.

### **Is het gebruik van grondwater betrouwbaar?**

Grondwater kan corrosief zijn, opgeloste gassen en opgelost ijzer bevatten, en kleine deeltjes uit de aquifer meevoeren. Dit kan een bron zijn van veel operationele problemen. Deze problemen kunnen echter worden vermeden bij een goed ontwerp en een goede realisatie van het aquifer opslag-systeem. Dit betekent onder meer aandacht voor de materiaal-keuze en het ontwikkelen ("schoon-pompen") van de bronnen. Ontgassing en ijzer-neerslag kunnen in veel gevallen worden voorkomen door het handhaven van enige overdruk in het grondwater systeem. Hiervoor worden voor het infiltreren bijvoor-beeld meerdere injectie-leidingen toegepast of speciaal daarvoor ontwikkelde druk-handhavings-kleppen, die in bronnen geplaatst kunnen worden.

### **Vraag:**

Voor welke 10 teelten in de glastuinbouw zijn aquifers het meest geschikt?



## 2.6 Luchtkachels



Fig. 85

Luchtkachels kunnen op aardgas branden of elektrische aangesloten zijn, voor het leveren van hete lucht. Met een hete luchtkachel gaat de kasluchttemperatuur tijdelijk zeer snel omhoog.

### Hoe werkt luchtverwarming?

Een luchtverwarmingsinstallatie zorgt voor een constante luchtcirculatie door het hele huis. De aangezogen lucht wordt verwarmd in de verwarmingsketel en wordt vervolgens door een stelsel van ingewerkte kanalen geblazen. Ze dringt langzaam en geruisloos de verschillende kamers van het huis binnen langs de inblaasroosters die er zijn geïnstalleerd. De lucht wordt daarna opnieuw aangezogen, gefilterd en opnieuw opgewarmd. Door dit geïntegreerd ventilatiesysteem wordt een optimaal binnenklimaat gecreëerd met de juiste relatieve luchtvochtigheid.

### Verbruik

Luchtverwarming is een uiterst zuinig, comfortabel en snel reagerend systeem en biedt heel wat voordelen:

- De warme lucht mengt zich met de reeds circulerende lucht, waardoor zowel warme als verse lucht zeer gelijkmatig worden verspreid.
- Wanneer de luchtverwarmer niet brandt maar alleen circuleert en ventileert, schakelt het systeem uit zuinigheidsoverwegingen terug naar een lager toerental.
- Dankzij een warmteterugwinapparaat (WTW) dat in het luchtverwarmingssysteem is ingebouwd, kan 90 tot 95% van de afgevoerde warmte worden gebruikt om nieuwe lucht te verwarmen. Ventileren op deze manier kost nauwelijks energie en levert een flinke gasbesparing op.
- Op de wisselende vraag naar warmte wordt zonder vertraging gereageerd. De lucht wordt immers direct verwarmd, zonder water als medium. De korte opwarmtijd wordt gecombineerd met een hoog thermisch comfort;
- Er wordt permanent geventileerd en er wordt geen tocht gegenereerd.

### Toepassing

Net als vloerverwarming valt dit systeem moeilijk toe te passen bij nieuwbouw omdat de luchtkanalen in de muren moeten worden ingebouwd. De keuze voor luchtverwarming is dus vooral aan de orde voor wie op het punt staat een nieuw huis te bouwen. Luchtverwarming is ook enkel geschikt voor goed geïsoleerde woningen.



## Comfort

De opwarmtijd is kort en je kunt de temperatuur heel nauwkeurig regelen. Je hoeft dus overdag niet te verwarmen als er niemand thuis is.

- Het systeem voert steeds verse en gefilterde lucht aan.
- Optimale verspreiding van de warmte: de warmte die binnenkomt via zuid gerichte ramen of van de openhaard kan via luchtverwarming gelijkmatig door de hele woning verdeeld worden;
- Omgekeerd kan ook koele lucht uit de kelder gebruikt worden om de leefruimtes in de zomer af te koelen.
- Gemakkelijk om met droge lucht af te rekenen door het plaatsen van een centrale luchtbevochtiger.
- Zelfs zonder ramen te openen kan je verluchten, ook via warmterecuperatie als je dat wil.
- Omdat de luchtcirculatie vloeiend verloopt, is de werking van het verwarmingssysteem nauwelijks merkbaar.
- Eenvoudig uit te breiden met koeling. De apparatuur kan zodanig afgesteld worden, dat wanneer in de zomer de (kamer)-temperatuur een bepaalde waarde overschrijdt, automatisch op airco wordt overgeschakeld.
- Door het gebruik van lucht als geleider van warmte in plaats van water omzeil je het gevaar van bevroren en gesprongen leidingen.
- Luchtjes en dampen uit keuken en badkamer worden direct naar buiten gevoerd via een aangebrachte ventilatie.

## Gezonde manier van verwarmen

Luchtverwarming is een gezonde vorm van verwarming én luchtverversing tegelijk, geen overbodige luxe in de stevig geïsoleerde moderne woningen waar het binnenklimaat absoluut goed in de gaten moet worden gehouden. Een goed filtersysteem in de luchtverwarmer kan  $\pm 95\%$  van de stof uit de lucht halen. Vooral mensen met gevoelige luchtwegen hebben hier baat bij. Bovendien houdt de uitgebalanceerde ventilatie van een luchtverwarmingsinstallatie de relatieve luchtvochtigheid in een woning goed op peil.

## Vragen:

1. Voor welke 7 teelten zijn heteluchtkachels het meest geschikt?
2. Wat is veelal het nut van deze kachels in de glastuinbouw?
3. Waarom zijn twee nadelen van het gebruik van deze kachels?
4. Welke twee voordelen heeft het gebruik van deze kachels?
5. Wat is de maximale verbruikscapaciteit ( $m^3/uur$ ) van een kachel?
6. Wat is de % maximale verbruikscapaciteit van een kachel versus een ketel?
7. Wat kost één nieuwe heteluchtkachel?



## 2.7 Pompen



1



2



3



4



5



6

Fig 86

### Opdracht

Benoem de verschillende soorten pompen.

Een keuze van een waterpomp is zeer belangrijk voor het goed en duurzaam functioneren van de pomp met het gewenste resultaat. De aspecten voor een juiste pomp worden besproken in de volgende internetsite:

[http://www.pompengids.net/?item=selectie\\_van\\_een\\_pomp](http://www.pompengids.net/?item=selectie_van_een_pomp)



## 2.8 Filters



Fig. 87

### Osmose

Osmose, in tegenstelling tot omgekeerde osmose, is het natuurlijke proces van de vermenging van twee vloeistoffen door een halfdoorlatend membraan. Een halfdoorlatend membraan laat bepaalde atomen en moleculen wel door, maar anderen nagenoeg niet. Zo worden door osmose bijvoorbeeld wel watermoleculen doorgelaten, maar bijna geen zoutmoleculen en vele andere opgeloste stoffen welke zich in ons leidingwater bevinden.

Door osmose zal de vloeistof met daarin een lagere concentratie opgeloste stoffen via het half doorlatend membraan naar de vloeistof met een hogere concentratie opgeloste stoffen stromen totdat er een evenwicht ontstaat in het percentage opgeloste stoffen aan beide kanten van het membraan. Alhoewel door osmose de verhouding opgeloste stoffen aan beide kanten van het membraan dichterbij elkaar komt te liggen zal deze niet exact gelijk aan elkaar worden. Dit wordt veroorzaakt doordat het watervolume aan de kant met van het membraan waar het water naartoe stroomt toeneemt en zodoende zal ook de druk aan die kant toenemen. Als deze druk hoog genoeg is om de stroom van water door het membraan tegen te houden zal het proces van osmose tot stilstand komen. De druk waarbij dit plaats vindt is de osmotische druk.

De hoeveelheid zuiver water welke bij het natuurlijk proces van osmose door het membraan wordt doorgelaten is kort samengevat afhankelijk van onder anderen de hoeveelheid opgeloste stoffen aan beide zijden van het membraan en zal stoppen zodra de waterdruk gelijk is aan de osmotische druk.

Bovengenoemd proces vormt de basis van omgekeerde osmose, waarbij doormiddel van druk het natuurlijk proces wordt omgekeerd.

### Omgekeerde osmose

Bij omgekeerde osmose wordt het membraan gebruikt als een extreem fijn filter welke vele opgeloste stoffen uit het water filtert. Omgekeerde osmose is dan ook een uitstekende en goedkope methode om water te zuiveren. Het proces van osmose wordt omgedraaid door water onder druk door een half doorlaatbaar membraan (ook wel semi doorlaatbaar membraan genoemd) te persen waarbij de natuurlijke osmotische druk wordt omgekeerd. Het membraan is zo ontworpen dat kleine watermoleculen van zuiver water er doorheen kunnen, maar grotere deeltjes of moleculen met een chemische samenstelling niet. De in het water opgeloste stoffen welke niet door het membraan gaan zullen met het afvalwater worden afgevoerd. Het zuivere water welke door het membraan is geperst is osmosewater.





Er zijn meerdere factoren welke invloed hebben op de snelheid waarmee water door een membraan stroomt en de kwaliteit van het osmosewater. De grootste invloed hebben onderstaande factoren:

- **Werkdruk:** Een hogere werkdruk geeft een hogere opbrengst en betere zuivering.
- **Temperatuur:** Een hogere temperatuur geeft een hogere opbrengst en minder goede zuivering.

Osmosewater zal altijd nog enige restwaardes bevatten. Onder de test omstandigheden welke door de diverse fabrikanten worden gehanteerd zuiveren de meeste membranen minimaal 95 tot 97 procent van de opgeloste stoffen uit het toevoerwater (Dit zijn minimum waardes en in de praktijk zal dit veelal hoger zijn). De meeste osmosetoestellen welke op de markt te krijgen zijn, zijn met deze membranen uitgerust. In ons assortiment vallen deze membranen onder de standaard membranen, welke diverse merken omvat. De betere membranen zoals de Filmtec 50 GPD (190 liter) en Filmtec 75 GPD (285 liter) zuiveren 98 tot 99+ procent van de opgeloste stoffen uit het toevoerwater.

Het omgekeerde osmose membraan is het hart van ieder osmoseapparaat en is het onderdeel dat er voor zorgt dat u ook daadwerkelijk osmosewater krijgt. Hieronder vindt u een selectie van Filmtec membranen en Basis membranen. De opbrengsten van de Filmtec omgekeerde osmose membranen zijn door de fabrikant getest bij 3,4 bar werkdruk en 25°C. De basis membranen omvat meerdere merken welke allemaal een vergelijkbare prestatie hebben. Door de meeste fabrikanten worden deze membranen getest bij 4 bar werkdruk en 25°C.

Het sedimentfilter is een van de twee voorfilters welke standaard op de osmosetoestellen zitten. Dit filter verwijdert zwevende deeltjes uit het leidingwater voordat deze bij het osmosemembraan komen en is essentieel voor een optimale prestatie en langere levensduur. Voor een optimale bescherming wordt dit type voorfilter minimaal jaarlijks vervangen.

Een koolfilter is een standaard onderdeel van elk osmosetoestel en zal minimaal als voorfilter aanwezig zijn. Als voorfilter verwijderd hij o.a. kleurstoffen en diverse vervuilingen uit het toevoerwater. Zijn belangrijkste functie is echter het beschermen van het membraan door eventueel in het toevoerwater aanwezig chloor te verwijderen. Een koolfilter zal bij een systeem voor in de keuken ook worden toegepast als laatste fase in het zuiveringsproces ter verbetering van de smaak. Voor een optimale bescherming wordt dit type voorfilter minimaal jaarlijks vervangen.

DI-filters hebben een brede werking en verwijderen onder andere silicaat, fosfaat en nitraat. Ze worden na het osmosemembraan geplaatst om restanten van deze stoffen eruit te filteren. Dankzij dit filter zal het osmosewater nog zuiverder worden zodat TDS en microsiemens nagenoeg niet meer meetbaar zijn.

Het silicaatfilter richt zich op de verwijdering van silicaten en fosfaten en kan worden toegepast indien het verwijderen van deze stoffen het voornaamste doel is en de waardes in het toevoerwater zeer hoog zijn. In andere gevallen adviseren wij om het DI-filter te gebruiken welke een bredere werking heeft en zowel nitraat als silicaat en fosfaat verwijdert. Het DI-filter reduceert tevens de TDS waarde tot 0. Het verlagen van de TDS waarde is niet waarvoor het silicaatfilter is ontwikkeld. Houd er rekening mee dat op veel forums, zoals bijvoorbeeld voor zeeaquaria, wordt gesproken over silicaatfilters waar men eigenlijk een DI-filter bedoeld.

Het nitraatfilter richt zich op de verwijdering van nitraten en kan worden toegepast indien het verwijderen hiervan het voornaamste doel is en de waardes in het toevoerwater zeer hoog zijn. Indien ook de TDS waarde gereduceerd moet worden naar 0 wordt na het nitraatfilter nog een DI-filter geplaatst.



Het inline alkaline filter kan eenvoudig aan een osmoseapparaat worden toegevoegd waardoor u profiteert van het zeer zuivere drinkwater van het osmosapparaat wat vervolgens basisch wordt gemaakt door het alkaline filter. Het alkalische water wordt ook vaak kangen water genoemd en draagt bij aan de neutralisatie van de zuurballans in het lichaam. Het water is verrijkt met natuurlijke calcium -, magnesium -, natrium - en kaliumionen en heeft een zeer lage redox-waarde en een groot overschot van vrije elektronen. Deze hebben een antioxidant effect en neutraliseren vrije radicalen. Met het alkaline filter kan een pH waarde van 8-9,5 worden gerealiseerd. Bij deze waarde spreekt men van basisch water welke de zure pH waarde kan neutraliseren.

Filterhuizen zijn grote behuizingen welke voor of na een osmosemembraan kunnen worden geplaatst. In de filterhuizen kunnen diverse soorten filters worden gebruikt welke een grotere capaciteit hebben dan de In-Line filters. De filters welke gebruikt kunnen worden zijn onder te verdelen in voorfilters en na filters. De voorfilters worden voor het osmosemembraan geplaatst en aangeraden wordt om deze filters standaard op uw toestel te hebben. Het betreft hier de koolfilters en de sedimentfilters. De na filters worden na het osmosemembraan geplaatst en zorgen voor nog zuiverder water. Filters welke hieronder vallen zijn de DI-filters, nitraatfilters en silicaatfilters.

Stromingsbegrenzers zijn een standaard onderdeel van elk osmoseapparaat. Er zijn interne stromingsbegrenzers en externe stromingsbegrenzers. Bij alle door ons verkochte modellen hebben wij gekozen voor externe stromingsbegrenzers omdat dit het spoelen van het membraan eenvoudiger maakt. Bij externe stromingsbegrenzers zijn er ook weer meerdere varianten te krijgen waaronder regelbare begrenzers en vaste begrenzers. Wij leveren enkel vooraf ingestelde vaste stromingsbegrenzer zodat een optimale verhouding tussen osmosewater en afvalwater wordt verkregen. Hierdoor wordt uitgesloten dat een begrenzer onjuist wordt ingesteld wat een beschadiging van het dure membraan tot gevolg kan hebben. U zult zo optimaal profiteren van de hoge waterkwaliteit en de levensduur van het membraan.

Een TDS meter is een uitstekend hulpmiddel om te beoordelen of het osmosemembraan of silicaatfilter / demineralisatiefilter nog goed functioneren. Op het moment dat je TDS meter een sterke stijging in de gemeten waarde aangeeft en je hebt je membraan recentelijk nog gespoeld dan functioneert het membraan niet meer naar behoren en zal je deze wellicht willen vervangen. Ditzelfde geldt ook voor je silicaatfilter of demineralisatiefilter. Zodra je hier een stijging in de gemeten waarde waarneemt dan zal de hars verzadigd zijn en aan vervanging toe zijn. TDS is dus een prima indicatie om te bepalen of het membraan van je osmoseapparaat of de hars van je silicafilter of DI-filter vervangen moet worden.



Zeeffilters





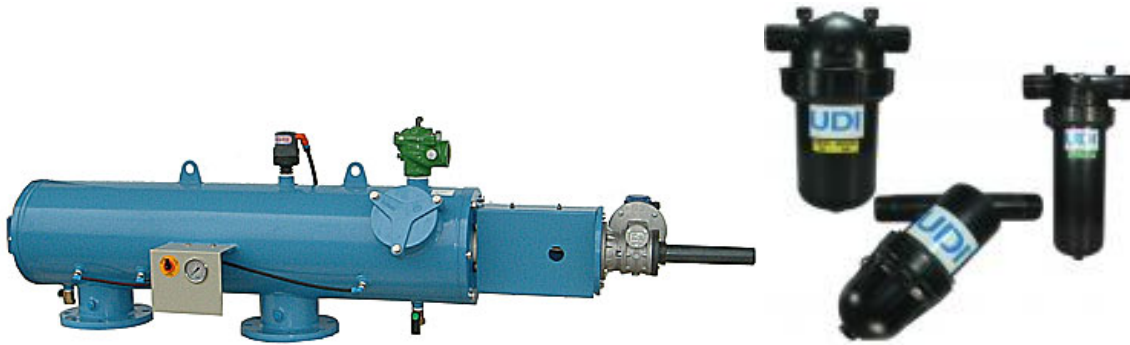


Fig. 88

Meer informatie over aanzuigfilters staat in de korte, heldere internetsite over veel voorkomende filters in een glastuinbouwbedrijf. <http://www.uvar.nl/nl/aanzuigfilters/index.html>

### Opdracht

Zoek de juiste namen met principe/werking bij de verschillende soorten filters in de afbeeldingen 1 t/m 5.

### Filtermonitor

Deze filtermonitor is een innovatief product welke u in staat stelt om tot 5 filters bij te houden wanneer deze aan vervanging toe zijn. U kunt de filtermonitor voor elk filter voorprogrammeren om een waarschuwing af te geven zodra een bepaalde hoeveelheid osmosewater is gemaakt of nadat een bepaalde tijd is verstreken. Op het moment dat het voorgeprogrammeerde aantal liters of het voorgeprogrammeerde aantal maanden wordt bereikt geeft de monitor een waarschuwing voor desbetreffend filter. Bij dit systeem wordt een led indicator meegeleverd, die optioneel kan worden aangesloten. Deze led indicator past aan de basis van de standaard osmose tapkraantjes en geeft via led indicatie aan of een filter vervangen moet worden (groen/geel/rood) Specificaties: De timer telt af in dagen of maanden (Instelbaar) De watervolume indicator telt op in liters of gallons (instelbaar) Alarmfunctie doormiddel van geluid Bereik timers: 0-999 dagen/maanden Volumebereik: 0-99999 Liter/Gallon Batterij: 2x AA (inclusief) Afmeting: 10 x 6,3 x 2,3 cm Gewicht: 119 gram Volume sensor kabel lengte: 93 cm LED kraan indicatorschijf kabel lengte: 92 cm LED kraan indicatorschijf afmetingen: 4.75 cm diameter en 0,8 cm hoog.

## 2.9 (Warmteopslag)tanks

Warmtebronnen van alternatieve energiebronnen werken optimaal indien de opgewekte energie overeenkomt met het verbruik. Een goed ontwerp is dus van groot belang. De basis van een goed ontwerp is het volume van de warmteopslag. Deze dient juist gedimensioneerd te zijn, goed geïsoleerd met een materiaal met hoge isolatiewaarde en de aansluitingen van de tank dienen op de juiste plaats en doorsnede gemonteerd zijn. De warmteopslagtanks van Dehoust voldoen aan al deze eisen en doorstaan alle kwaliteitstesten. Naast het zeer brede assortiment warmteopslagtanks is maatwerk ook mogelijk.



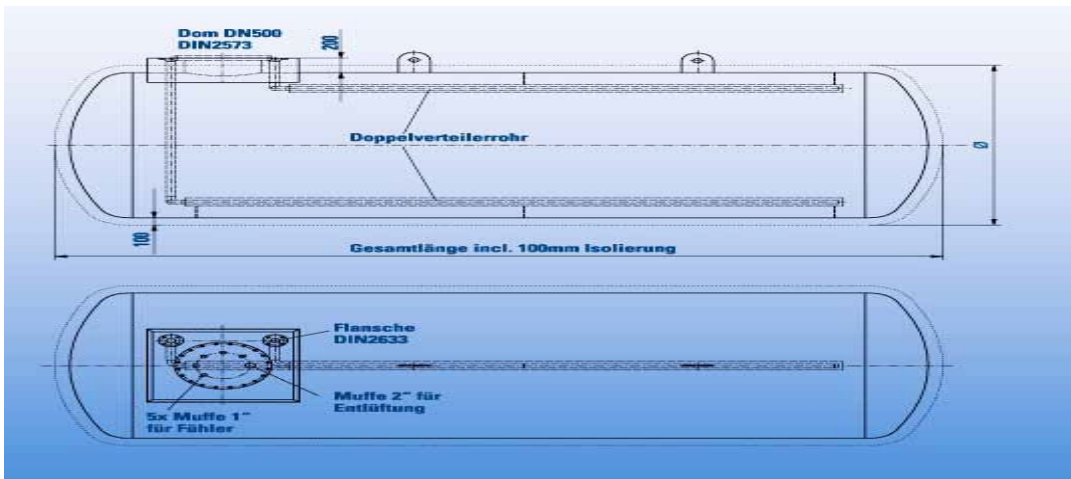


Fig. 89

De stalen warmteopslag tanks zijn geschikt om horizontaal ondergronds te plaatsen. De tanks zijn standaard uitgerust met een mangat van 500 mm DIN2573, vijf moffen van 1/2'' voor temperatuursensoren DIN2986, een mof van 1'' voor ontluftung DIN2986 en twee verdeelbuizen ten behoeve van een goede laminaire stroming. Tank is voorzien van een schacht met deksel van 800 - 1000 mm, in hoogte verstelbaar, beloopbaar, en waterdicht.



Fig. 90 Wateropslagtank Ondergronds Liggend 10.000 tot 100.000 Liter



### Warmteopslagtank Ondergronds

Warmtebronnen van alternatieve energiebronnen werken optimaal indien de opgewekte energie overeenkomt met het verbruik. Een goed ontwerp is dus van groot belang. De basis van een goed ontwerp is het volume van de warmteopslag. Deze dient juist gedimensioneerd te zijn, goed geïsoleerd met een materiaal met hoge isolatiewaarde en de aansluitingen van de tank dienen op de juiste plaats en doorsnede gemonteerd zijn. De warmteopslagtanks van Dehoust voldoen aan al deze eisen en doorstaan alle kwaliteitstesten. Naast het zeer brede assortiment warmteopslagtanks is maatwerk ook mogelijk.

Warmwatersystemen ten behoeve van warmteterugwinning en warmteopslag zijn gebaat bij een goed systeemontwerp en een goede kwaliteit warmte opslag. Dat wil zeggen hoogwaardige materialen, degelijke constructie hoge isolatiewaarden. De warmteopslagtanks van Dehoust voorzien hierin.

De liggende warmteopslagtanks voor ondergrondse plaatsing zijn geschikt voor warmwatersystemen zonder luchtbuffer met een werkdruk van 3 bar en een temperatuur van 110 graden Celsius. Tanks zijn vervaardigd van hoogwaardig staal, type S235JR.

De warmteopslagtanks zijn uitgevoerd met een isolatiemantel. Deze wordt op de fabriek aangebracht. De isolatielaag bestaat uit een polyurethan (PUR) met een dikte van 100 mm. De isolatiewaarde bedraagt 0,03 W/m/K. De buitenlaag is vervaardigd van waterdicht en corrosievrij polyester.

Specifieke klantwensen zoals afwijkende afmetingen, aansluitingen, bedrijfsdruk etc. is mogelijk op aanvraag.



Fig. 91 Een liggende (links) en een staande (rechts) warmwateropslagtank.

- Warmteopslag is de spil in de hedendaagse energiehuishouding bij tuinbouwbedrijven.
- Een ruime warmteopslag is nodig om efficiënter met energie om te gaan.
- Er kan CO<sub>2</sub> gedoseerd worden waarbij de geproduceerde warmte overdag opgeslagen wordt voor de nacht.
- De WKK levert een hoger rendement op door de buffer gedurende de week met hogere stroomprijzen te laden en deze in het weekend te lossen.
- Door het opvangen van pieken in de warmtevraag is met een grotere buffer een lagere contractcapaciteit mogelijk.
- Een grotere buffer betekent minder inzet dure ketelwarmte in de winterperiode.





- De aanleg van de buffer of deze nu voor warmteopslag of voor gietwater is is in hoofdzaak gelijk. Het belangrijkste verschil is het gebruik van warmtebestendige folie.
- In de buffer komen onder en boven zogenaamde 'sproeileidingen' hiermee wordt het water gelijkmatig in de buffer gebracht.

A. Wat is nog meer gunstig van de aanwezige sproeileidingen?

De aanleg in de bodem blijkt 52% minder warmteverliezen te geven dan standaard warmteopslagtanks. Dit komt overeen met een steenwoldikte van 58 cm. De kweker bespaart op een tank van 1200m<sup>3</sup> 10.700m<sup>3</sup> aardgas per jaar.

B. Leg met berekeningen uit hoe deze besparing tot stand komt.

## 2.10 Leidingen



Fig. 92



## Opdracht

Noem alle benamingen van leidingen, gecombineerd met telkens de benaming van het materiaal en het transportmiddel. Bereken zo mogelijk de maximale debietgrootte.

## 2.11 Schaliegas

### Wat is schaliegas?

Schaliegas is gas dat lokaal voorkomt in schaliegesteente, ook wel kleisteen genoemd. Het is een fossiele brandstof die zelf ook liever in de grond blijft zitten. Want in tegenstelling tot gewoon aardgas, dat in aaneengesloten bellen (velden) voorkomt in poreus gesteente (meestal zandsteen) onder afsluitende lagen, zit schaliegas opgesloten in minuscule poriën, binnen in het gesteente waarin het ooit – doorgaans over tientallen tot honderden miljoenen jaren - is gevormd uit versteend organisch materiaal.

De piepkleine gasbelletjes zijn dus niet onderling met elkaar verbonden. Simpelweg een tunnel boren tot in het gesteente is bij schaliegas, in tegenstelling tot 'gewoon aardgas', niet voldoende om het gas te kunnen aanzuigen. Het gesteente moet ondergronds gebroken ('fractured') worden, zodat barsten de poriën bereiken.

Schaliegas komt niet in grote aangesloten velden voor en het is vaak onduidelijk hoe hoog de concentratie met gas gevulde poriën precies is. Schaliegaswinning is daarom echt sprokkelwerk. Om in een gebied schaliegas te ontginnen, zijn vaak honderden boorlocaties nodig, van waaruit in verschillende richtingen wordt geboord. Om het schaliegas uit de poriën te krijgen, moet het gesteente ondergronds worden opengeboren – dit heet fracking, kort voor hydraulic fracturing.

Dit gebeurt met schokgolven van enorme hoeveelheden geïnjecteerd water, zand en chemicaliën. Dit mengsel wordt door de kersverse barsten heen geperst en moet de poriën bereiken en het gas oplossen. Daarna wordt (een deel) weer via deze boortunnels omhoog gezogen, waarna het gas wordt gescheiden van het chemisch verontreinigde water.

### Fossiel methaan: dubbel slecht voor het klimaat

De chemische samenstelling van schaliegas is doorgaans niet verschillend van conventioneel aardgas: het bestaat hoofdzakelijk uit methaan, dat is opgebouwd uit fossiele koolstof.

Dat laatste is belangrijk: in tegenstelling tot bijvoorbeeld moerasgas, methaan uit rijstvelden, of uit het verteringsstelsel van koeien, is het methaan in aardgas en schaliegas een fossiele brandstof. Het voegt dus extra koolstof toe aan de atmosfeer – koolstof die geen onderdeel meer was van de normale koolstofkringloop tussen het aardoppervlak en de atmosfeer.

Winning en verbanding van schaliegas leidt daarom automatisch tot een toename van de atmosferische koolstofconcentratie. Dit is klimaat belastend. Een deel van deze klimaatbelasting (het verbrande schaliegas) komt op conto van CO<sub>2</sub>, een ander deel (het door het fracken ontsnapte schaliegas) komt op conto van methaan.



Het zijn vooral deze methaanlekkages die klimaatwetenschappers grote zorgen baren. Metingen wijzen uit dat tot enkele procenten van het schaliegas direct in de atmosfeer belandt. Daarmee wordt schaliegas (op een tijdschaal van enkele decennia) per energie-eenheid nog klimaat belastender dan steenkool.

### **Verschil tussen schaliegas en aardgas**

Schaliegas is een vorm van aardgas. Chemisch gezien ('boven de grond') zijn schaliegas en 'conventioneel aardgas' dezelfde fossiele brandstof, die hoofdzakelijk uit methaan (CH<sub>4</sub>) bestaat. Onder de grond is de situatie heel verschillend. Daarom wordt voor schaliegas ook een heel ander winningproces ('fracking') gebruikt, met extra milieurisico's, andere typen aardbevingen, een veel groter aantal benodigde boringen, hogere kosten, en lagere baten.

Conventioneel aardgas bevindt zich in ondergrondse reservoirs, zoals poreus zandsteen – onder een ondoordringbare laag. In zulke aardgasvelden zijn de gasmoleculen onderling verbonden, het kan worden gezien als een bel.

De winning van gewoon aardgas geschiedt betrekkelijk eenvoudig. In principe kan één enkele boring door de ondoordringbare laag genoeg zijn om vervolgens het grootste deel van het aanwezige aardgas omhoog te pompen. Om schaliegas te winnen moet veel vaker geboord worden, en bovendien moeten de boorgangen gefracked worden, met hoog risico op aardbevingen en lekkages van gifstoffen.

### **Schaliegas: meer boringen, minder gas**

Er verschijnen dus ook veel meer boorputten in het landschap. In totaal wint dit netwerk van boorputten bovendien een veel kleinere hoeveelheid gas, omdat de concentratie schaliegas veel lager is dan die van conventioneel aardgas.

Nederland had oorspronkelijk een grote voorraad van conventioneel aardgas, in het noorden van het land (Groningen, Drenthe en het oosten van Friesland). Veruit de grootste voorraad lag in het Slochteren-veld, dat in 1959 werd ontdekt. Grootschalige gaswinning begon in de jaren 60 en duurt voort tot de dag van vandaag. Jaarlijks worden uit conventionele Nederlandse aardgasvelden enkele tientallen miljarden kubieke meters aardgas gewonnen. Een groot deel hiervan is voor gebruik op de eigen markt, zoals verwarming. Er bestaat een duidelijke verbruikspiek in de wintermaanden.

Het Slochteren-veld begint langzaam op te raken. Het krimpen van de gasvoorraden is ook te merken aan bodemdaling in de noordelijke wingebieden, waardoor Groningen en Drenthe steeds vaker worden opgeschrikt door aardbevingen. Het aantal en de kracht van deze aardbevingen blijkt exponentieel toe te nemen in de tijd.

### **Voorraad schaliegas in Nederland**

In een aantal delen van Nederland bevindt zich ook schalie in de grond. Of deze schalie commercieel rendabele hoeveelheden schaliegas bevat, is onduidelijk. Schattingen zijn in de afgelopen jaren extreem sterk naar beneden bijgesteld, met een factor duizend(!).

TNO gaat inmiddels uit van een maximale winbare hoeveelheid (dat is de hoeveelheid schaliegas die je omhoog kunt pompen als je inzet op maximale exploitatie, verspreid over meerdere provincies) van 200 tot 500 miljard kubieke meter. Aangezien maximale exploitatie een theoretisch scenario is (niet alleen maatschappelijk en politiek – het zou verspreid over een groot aantal provincies in Midden- en Zuid-



Nederland moeten plaatsvinden – ook economisch, een groot deel van de schalie is waarschijnlijk niet commercieel exploiteerbaar) zijn dit eigenlijk geen reële getallen.

Schaliegas kan in Nederland - met boringen verspreid over meerdere provincies - hooguit voorzien in 2,5 jaar extra gas(!)

Veiligheidshalve houden energie-experts daarom de onderste waarde van dit bereik aan (ook omdat de gasconcentratie van Nederlandse schalies onbewezen is). In dat geval zou volledige exploitatie van alle schaliegasvoorkomens resulteren in een totale gasproductie van slechts 2,5 jaar de huidige jaarlijkse gasproductie uit conventionele aardgasvelden.

Nederland heeft dus geen grote voorraden schaliegas. Aangezien de winning tevens complexer en dus duurder is dan bij conventioneel aardgas, biedt schaliegas geen grote voordelen voor de Nederlandse economie. Bovendien vertraagt het de energietransitie, waarbij we juist trachten weg te bewegen van fossiele brandstoffen, naar een zelfstandige, hernieuwbare en milieuvriendelijke energievoorziening toe.

### **Verschillen tussen Nederland en Amerika**

In Amerika – waar schaliegas veel ondieper voorkomt dan bijvoorbeeld in Nederland – wordt (door een agressieve wedloop van concurrerende bedrijven) juist veel te veel gas geproduceerd. Hierdoor raken vraag en aanbod er verstoord. Men spreekt er inmiddels van de 'shale bubble' (schaliegas-zeepbel), waardoor de gasprijs er (tijdelijk) is ingezakt.

Energiebedrijven draaien in Amerika momenteel nota bene verlies en de Europese energiemarkt wordt overspoeld door een golf goedkoop steenkool, dat in de VS niet aan de straatstenen is te slijten.

Al deze marktverstoringen ondermijnen echt toekomstgericht energiebeleid, en creëren feitelijk alleen maar schade en achteruitgang. Ook de economie heeft niets aan zulke wild-west-prijsschommelingen. Als de prijzen straks weer zijn gestabiliseerd (gezien het karakter van schaliegaswinning is het onder normale productieomstandigheden juist dúúrder dan gewoon aardgas) is in de transitie naar duurzame energie niemand iets opgeschoten (want het fossiele aanbod bevriest die markt), terwijl weer enorme hoeveelheden koolstof door de schoorsteen zijn gejaagd.

### **Staat is eigenaar schaliegas**

Een ander belangrijk verschil tussen Nederland en de VS zit in de wetgeving. In de Amerikaanse wet staat dat de eigenaar van een stuk grond tevens de eigenaar van in die grond aanwezige delfstoffen is. In Nederland is dat de nationale overheid – en energiebedrijven proberen dan ook in Den Haag hun deals te sluiten.

Omwonenden en ook lokale overheden krijgen in Nederland dus helemaal niets retour voor de overlast die ze ontvangen. In Amerika ontvangen burgers tenminste nog een zak geld – en zelfs daar is de weerstand tegen het fracken onder omwonenden inmiddels zeer groot...

### **Productie: Aardgaswinning uit schalie**

Door fracking komen alle kleine afzonderlijke gasbelletjes met elkaar in verbinding te staan en door de zandkorrels blijven de kanaaltjes ook open nadat de frackingvloeistof weer is weggepompt. De boorput is nu nagenoeg vergelijkbaar met een conventionele gasbron, gedurende enkele jaren zal er gas geproduceerd worden. Is de gekraakte schaliegasput bijna leeg dan loont het soms om het fracken te herhalen. Door de





boorschaft opnieuw op druk te brengen is de schalieformatie verder te kraken en laat het gesteente nog wat meer gas los. Zo wordt het uiterste uit een boorlocatie geperst.

### **De inhoud en functies van de frackingvloeistof**

De vloeistof die gebruikt wordt om de schalielaag open te breken bestaat voornamelijk uit water en zand. Water omdat het onder druk nauwelijks comprimeert (alle kracht die de pompen leveren wordt direct overgedragen op het gesteente), zand om de gecreëerde kanaaltjes open te houden. Slechts  $\pm 0,5\%$  van de fracking fluid bestaat uit chemicaliën, die o.a. de wrijving verminderen, de viscositeit verhogen of juist verlagen, de zuurgraad aanpassen of op een andere manier het fracking process bevorderen.

Het gaat om honderden verschillende chemicaliën en hoewel hun aandeel in de frackingvloeistof relatief gering is worden er per schalieput wel miljoenen liters de grond in gepompt. De belangrijkste zorgen omtrent schaliegaswinning betreffen dan ook deze additieven en hun mogelijke impact op de natuur en op het drinkwater.

De frackingvloeistof kan overigens ook uit minder mysterieuze ingrediënten worden samengesteld. Het boren naar schaliegas zal dan wat duurder en minder efficiënt gaan, maar het kan wel. Hier meer info: [Veilige frackingvloeistof neemt enkele risico's weg.](#)

### **Voordelen van fracking**

- Schaliegas is goedkoop, goed beschikbaar en sluit aan op bestaande infrastructuur. Sinds schaliegas wordt aangeboord zijn de energieprijzen in de VS sterk gedaald. Schaliegas is wereldwijd op grote schaal te winnen en kan zonder al te veel moeite toegevoerd worden aan bestaande aardgasnetten.
- Schaliegas maakt landen minder afhankelijk van energie-import. Schaliegas komt in grote hoeveelheden voor in gebieden die tot voor kort nog afhankelijk waren van andere landen voor de levering van aardgas. Verscheidene landen in Europa zijn de afgelopen jaren het slachtoffer geworden van ruzies tussen Rusland en doorvoerlanden. Met eigen schaliegas krijgen ze de controle weer in eigen hand.
- Aardgas is schoner dan kolen. Per megawatt stoot een aardgascentrale  $\pm 45\%$  minder CO<sub>2</sub> uit dan een kolencentrale. De snelste strategie om als land aan Kyoto en daaropvolgende protocollen te voldoen is misschien wel het vervangen van alle kolencentrales voor STEG-centrales die draaien op aardgas.
- Aardgas is flexibel inzetbaar. Gasturbines zijn zeer snel op te starten en af te remmen. Hierdoor sluiten ze goed aan bij windturbines, zonnepanelen en andere alternatieve energiebronnen met een wisselende beschikbaarheid.

### **Nadelen van fracking**

- Risico's met de frackingvloeistof. De additieven die worden gebruikt bij het boren naar schaliegas zijn gevaarlijk voor mens en milieu. De documentaire Gasland liet in 2010 op schokkende wijze zien dat er in de VS inderdaad dingen misgaan.
- Hydrolic fracturing veroorzaakt aardbevingen. De aardaswinning in Groningen zorgt al jaren af en toe voor kleine aardbevingen. Doordat de druk in de



gasvelden afneemt treden geleidelijk verzakkingen op. Het geweld dat gepaard gaat met de gaswinning uit schalie zorgt hier en daar ook voor aardbevingen.

- Goedkoop schaliegas vertraagt investeringen in duurzame technologie. Aardgas mag dan schoner zijn dan kolen, het blijft een fossiele brandstof met bijbehorende uitstoot en eindigheid. Nu onconventioneel gas de energieprijzen sterk drukt is de urgentie om te investeren in hernieuwbare bronnen en energiebesparende maatregelen voor veel bedrijven plotseling een stuk geringer.

### **Mogelijkheden voor schaliegaswinning in Nederland**

Sinds de jaren zestig heeft Nederland goed geprofiteerd van de rijkdommen in de bodem bij Slochteren. Nagenoeg alle gebouwen in het land worden er mee warm gestookt, er wordt op gekookt en ook voor elektriciteit zijn we in toenemende mate afhankelijk van aardgas.

Het is veilig te stellen dat aardgas de komende decennia onmisbaar blijft, niet gek dus dat ook in Nederland wordt gekeken naar de mogelijkheden van onconventioneel gas. Onder meer bij het Brabantse Boxtel zijn er plannen voor proefboringen, deze zullen naar verwachting halverwege 2013 plaatshebben.

Ook in elders in het land ligt schaliegas opgeslagen in de bodem, in maart 2013 kondigde het Britse gasbedrijf Cuadrilla aan onderzoek te willen doen naar Schaliegaswinning in Flevoland. Nederland heeft het schaliegas vooralsnog niet direct nodig. Het is goed om te weten dat het er is en het is goed om de ontwikkelingen in andere landen te volgen.

### **Conclusie: Goedkoop gas, niet zonder risico's**

Aardgas uit schalielagen kan het fossiele tijdperk waarschijnlijk nog tientallen jaren rekken. Goed voor de economie en voor de stabiliteit in de energievoorziening. Wel kleven er, naast de onherroepelijke CO<sub>2</sub>-uitstoot, de nodige nadelen en risico's aan de technologie. Vooral de chemicaliën die bij het boren gebruikt worden vergen voorzichtigheid.

Zolang er geen goedkope en grootschalige energieopslag mogelijk is blijft aardgas echter een belangrijke energiebron. Mits zorgvuldig en verstandig ingezet kan ook schaliegas daarom essentieel zijn in de transitie naar een echt duurzame economie. Vooralsnog wegen de risico's, in ieder geval voor Nederland, echter niet op tegen de voordelen. Totdat er een inherent schone en veilige winningstechnologie is kan het schaliegas dan ook beter in de grond blijven.

### **Opdracht**

Waarom is schaliegas zo belastend voor het milieu? Schrijf één A4 met een betoog als voorstander voor het gebruik van schaliegas. Schrijf één A4 met een betoog, juist als tegenstander.

## **2.12 Werkvolgorde aardwarmte**

De bodem bewaart ons verleden en creëert onze toekomst. Ze vormt letterlijk de basis van ons leven. In het verleden zijn vaak sporen in de bodem achtergelaten in de vorm van archeologische resten en verontreiniging. Grontmij adviseert en creëert oplossingen waardoor risico's op het gebied van bodemvervuiling en bodemverontreiniging worden weggenomen, archeologische resten worden gerespecteerd en de ondergrond weer optimaal gebruikt kan worden.



De ruimte in Nederland is schaars. Daarom dienen we zorgvuldig en efficiënt met de bodem om te gaan. We inventariseren, onderzoeken en adviseren op het gebied van onder andere archeologie, bodemverontreiniging, bodembescherming, ecologie en geotechniek. We werken samen met universiteiten en kennisinstituten als Deltares/TNO, RIVM en WUR-Alterra. We bezitten vakspecifieke certificaten volgens BRL SIKB 1000, 2000, 2100, 6000 en 7000. Onze archeologen werken volgens de KNA 3.2 en beschikken over een opgravingsvergunning van de RCE.

### **Integraal advies**

Ons bodemadvies staat niet op zichzelf; onze bodemspecialisten werken nauw samen met specialisten op het gebied van ruimtelijke ordening, water, bouw, infrastructuur en energie. Daardoor houden we goed rekening met alle zaken die in een gebied spelen; voor een optimale uitvoering van uw project. Onze oplossingen zorgen ervoor dat de bodem economisch en maatschappelijk verantwoord wordt benut; nu en in de toekomst.

Aardwarmte is ondergrondse warmte in diepere aardlagen (dieper dan 1500 meter). Een groot deel van de glastuinbouw is gevestigd in gebieden waar volgens onderzoek aardwarmte kan worden gewonnen.

Het gebruik van aardwarmte is vooral interessant voor de niet-belichte teelten. Uit berekeningen blijkt dat de sector met aardwarmte minstens 10 % op het verbruik van fossiele brandstof kan besparen.

Een teler, die aardwarmte wil gaan winnen, moet zich goed voorbereiden. Niet alleen het realiseren van een aardwarmtebron is een complex en kostbaar proces, maar ook het beheren van een aardwarmtebron vraagt de nodige aandacht en zorg. Een aardwarmtebron valt onder de Mijnbouwwetgeving en dient aan allerlei veiligheidseisen te voldoen. Om een aardwarmtebron succesvol te realiseren moet een aantal stappen doorlopen worden. Met hulp van ervaringen van andere projecten is dit stappenplan opgesteld. Teler Rik van den Bosch in Bleiswijk stelde, op basis van zijn ervaringen bij zijn eerste project, een stappenplan op. Naar aanleiding van andere projecten in Nederland is dit stappenplan geactualiseerd en afgerond in December 2013. Hierbij is gebruik gemaakt van op- en aanmerkingen van andere partijen die nauw betrokken zijn bij aardwarmteprojecten.

Rik van den Bosch - Vleestomatenbedrijf A+G van den Bosch

Ben Flipse - Ammerlaan Grond & Hydrocultuur VOF

Radboud Vorage – GreenhouseGeoPower

[http://www.energiek2020.nu/fileadmin/user\\_upload/energiek2020/docs/Aardwarmte/Stappenplan\\_Aardwarmte\\_12-2013.pdf](http://www.energiek2020.nu/fileadmin/user_upload/energiek2020/docs/Aardwarmte/Stappenplan_Aardwarmte_12-2013.pdf)

### **Opdracht**

Maak gebruik van het internet en overleg met een kweker die gebruikt maakt van aardwarmte. Schrijf het stappenplan puntsgewijs met korte alinea.

## **2.13 Werkvolgorde aggregaat**

### **Noodstroomaggregaat: wat is het, hoe werkt het?**

Het noodstroomaggregaat, ofwel noodaggregaat wordt veel gebruikt als noodstroomvoorziening. Een noodstroomaggregaat is een generator (wekt stroom op) en motor (aandrijving generator) in één. Het noodaggregaat kan zelfstandig stroom opwekken en in de vorm van een generatorset fungeren als noodstroom. Op het moment dat de primaire stroomvoorziening uitvalt, neemt het noodstroomaggregaat



het leveren van stroom voor zijn rekening. Dit is bijvoorbeeld in het ziekenhuis het geval. Daar is een goede noodstroomvoorziening van levensbelang. In geval van een stroomstoring mag medische apparatuur in geen geval uitvallen. Ook in andere sectoren wordt noodstroom steeds belangrijker. Een bedrijf dat stil komt te liggen door stroomuitval lijdt namelijk onmiddellijk financiële schade.

### **Dieselaggregaten**

Het diesel aggregaat is een veel voorkomende noodstroomaggregaat. Dit is een combinatie van een generator met een dieselmotor. Dit aggregaat is over het algemeen zuinig en geschikt om 230V tot 400V en 3000W tot 6000W op te wekken. Daarnaast bestaat er nog zoiets als een 'dieselfluisteraggregaat'. Dit is een stille diesel aggregaat die vaak gebruikt wordt bij evenementen en festivals. Het stille aggregaat produceert minder geluid en dat heeft zo zijn voordelen. Behalve op diesel, zijn er ook aggregaten op benzine en gas.

### **Diesel aggregaat als noodstroom**

Een betrouwbare noodstroomvoorziening is voor bedrijven, organisaties en zorginstellingen onmisbaar geworden. Een ziekenhuis is in deze misschien het beste voorbeeld. Op het moment dat daar de stroom uitvalt werkt ook alle medische apparatuur in het ziekenhuis niet en komt de veiligheid van patiënten direct in gevaar. Het is op dat moment belangrijk dat noodgeneratoren de stroomvoorziening in stand houden om levensbedreigende situaties te voorkomen. Diesel aggregaten zijn zeer geschikt als noodstroomvoorziening, omdat ze door middel van de dieselmotor zelfstandig stroom genereren. Natuurlijk is elk ziekenhuis voorzien van een goedwerkende noodstroomvoorziening, maar in andere sectoren wordt een constante stroomvoorziening nog wel eens onderschat. Een bedrijf dat te kampen heeft met een stroomstoring en geen beroep kan doen op een noodstroomvoorziening lijdt onmiddellijk economische schade. Kortom, zonder noodstroom ligt het dagelijks leven bij een stroomstoring stil.

Een instructiehandleiding van een noodstroomaggregaat staat op de volgende internetsite.

<http://www.2rent.nl/pdfs/uploads/1115030.pdf>

### **Vragen**

Hoe vaak moeten accu's van een noodstroomaggregaat worden bijgevuld? In welke mate moeten de accu's van een aggregaat worden opgeladen zonder capaciteitsverlies?

### **Opdracht**

Maak gebruik van deze internetsite en overleg met een kweker. In de glastuinbouw is het beste om de noodstroomaggregaat in de zomer te testen op grond van een weersverwachting van enkele zomerse dagen (>25°C).

Schrijf nu zelf in eigen woorden een puntsgewijs instructievoorschrift voor het testen van een noodstroomaggregaat, die krachtstroom levert bij stroomuitval van het gemeentelijke elektriciteitsnet.



## Hoofdstuk 3. Klimaatcomputer

### 3.1 Regelkring

Zorg dat je mag meekijken op het beeldscherm van een klimaatcomputer. Nu moet je volgende vragen en opdrachten uitvoeren.

1. Draai de volgende bestanden uit:

- Etmaalmeteogegevens
  - Etmaalkasklimaat
  - Verwarmingsinstellingen
  - Luchtinstellingen
  - Schermdoekinstellingen
  - Assimilatiebelichtingsinstellingen
  - CO<sub>2</sub>-doseringsinstellingen
2. Zorg dat je de bestanden begrijpt. Schrijf per bestand een toelichting.
  3. Bij welke instraling gaan de assimilatielampen aan? En wanneer uit?
  4. Wat is de dode tijd tussen 'uit' en 'aan' van de assimilatiebelichting?
  5. Wat is het belang van deze ingestelde dode tijd?
  6. Wat is het gemiddelde temperatuurverschil tussen de buiten - en kaslucht?
  7. Bij welke temperatuur gaan de luchtramen juist open?
  8. Bij welke luchtvochtigheid gaan de luchtramen juist open? En juist dicht?
  9. Bij welke zonnestralingsterkte gaat het schermdoek dichtlopen?
  10. Wat is de gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie (ppm) in de kas?
  11. Wat is de minimumbuis temperatuur?
  12. Wat is belang van een ingestelde P-band?
  13. Welke zijde van de luchtramen gaan het eerst open: de wind - of luwe zijde?
  14. Wat wordt bedoeld met naloop?
  15. Wat is de regenstand luchtramen?
  16. Wat is de vorstgrens luchtramen?
  17. Wat wordt verstaan onder een lichtverhoging raamstand?
  18. Wat zijn de instellingen voor een voornacht?
  19. Wat is het verschil tussen een vochtdeficit (g H<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup>) en een relatieve luchtvochtigheid (%)?
  20. Welke eenheid van luchtvochtigheid is meer betekenisvol?
  21. Wat is de gemiddelde luchtvochtigheid?
- Meetsysteem – sensoren, stuursysteem - assimilatiebelichting, regelsysteem – transportstysteem: verwarming – blokschema
  - Meten met de computer – analoog signaal = weerstation – lichtmeting (continu) contra regenmelding (discreet) – omzetting spanning of weerstandwaarde (decimaal getal) naar computerwaarde (binair getal) en omgekeerd



### 3.2 Kennis systeembord

Een systeem dat zelfstandig een taak uitvoert is een automatisch systeem, waarbij dan een sensor eerst waarneemt en dan een elektrisch signaal afgeeft. Dit signaal wordt verwerkt in een computer, die dan weer een actuator aanstuurt. De computer is feitelijk de verwerker van het signaal.

In een meetsysteem wordt alleen gemeten, waarbij apparatuur in een weerstation aan de kopgevel van een kas signalen afgeeft aan de klimaatcomputer. Op het beeldscherm van de computer zijn dan allerlei meetwaarden te lezen. Dit stukje van het automatische systeem is dan het meetsysteem.

Een stuursysteem is het gebruik van de assimilatiebelichting, waarbij onder een ingestelde waarde van zonlichtsterkte de assimilatielampen gaan branden. In de ochtend stijgt de zonlichtsterkte weer boven een ingestelde waarde en gaan de lampen weer uit. De ingestelde waarde wordt voortdurend vergeleken met de gemeten zonlichtsterkte van het meetsysteem, behorende bij het weerstation.

Een regelsysteem is de temperatuurregeling van de kas met het gebruik van het luchtmechaniek. Voortdurend wordt de temperatuur in de kas gemeten (meetsysteem met gebruik van een meetbox tussen het gewas). Met de klimaatcomputer wordt dan de gemeten temperatuur vergeleken met de ingestelde temperatuur. Hierna volgt vrijwel altijd een actie in de vorm van het openen of dichtgaan van de luchtramen. Het verschil tussen de kastemperatuur en de omgevingstemperatuur is van invloed op het percentage van openen of sluiten van de ramen. Bij een te lage kastemperatuur zullen de ramen geheel of gedeeltelijk sluiten. Bij een te hoge temperatuur is de actie het open gaan of verder openen van de luchtramen.

Bedenk een zevental systemen in het menselijk lichaam, die of een meet – of een stuur – of een regelsysteem zijn.

Meetsysteem: oog, oor, reuk, smaak, tast – Stuursysteem: darmvulling, urineniveau, ontlasting – Regelsysteem: bloed: pH, suikergehalte; longen: zuurstofconcentratie.

Bedenk een zevental systemen op een glastuinbouwbedrijf, die of een meet – of een stuur – of een regelsysteem zijn.

Meetsysteem: meteostation – Stuursysteem: nachtlamp, roldeur, assimilatiebelichting – Regelsysteem: CO<sub>2</sub>-dosering, mengkleppen, branderstand, pH, EC, luchting en scherming

Bedenk in een geautomatiseerd transportsysteem één meetsysteem, één stuursysteem en één regelsysteem.

Meetsysteem: aankomst – Stuursysteem: start lopende band – Regelsysteem: sortering afhankelijk van meting product

Elk systeem is weer te geven in een blokschema. Een automatische systeem is onder te verdelen in drie blokken.



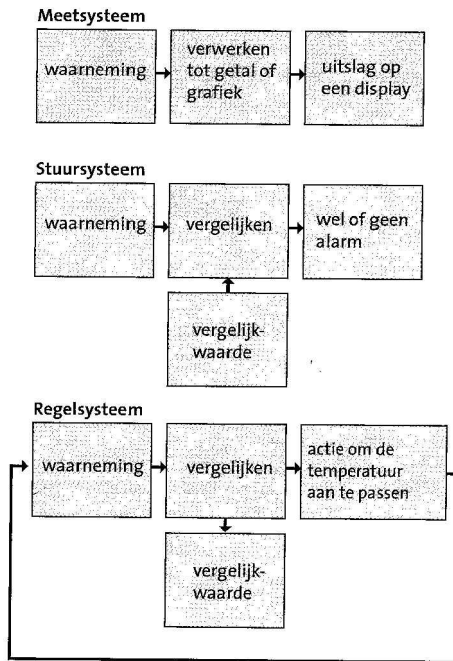


Fig. 93

Kies voor elk soort systeem een automatisch systeem. Vul dan in elk soort systeem elk blok in met de juiste woorden.

- Lichtmeter: lichtsterkte (lux) → decimaal naar binair → spanning
- Stuursysteem: buitentemperatuur → vergelijk met vorstgrens → luchtramen gesloten
- Regelsysteem: kasluchtvochtigheid → vergelijk met ingestelde luchtvochtigheid → branderstand, mengklepstand en luchtraamstand
- Bedenk hoe je van een regenmeter in een weerstation een regelsysteem zou kunnen maken.
- Meetsysteem: druppels per tijdseenheid – ijklijn: mm neerslag – raamstand afhankelijk van mm neerslag/uur

Een veelzijdig meetsysteem is het weerstation, waarmee allerlei weersgegevens kunnen worden verkregen. Het weerstation bevat sensoren, waarmee de volgende eigenschappen van het weer kunnen worden gemeten:

1. Luchttemperatuur
2. Zonlichtintensiteit
3. Windrichting
4. Windsnelheid
5. Regenmelding

Beschrijf zelfstandig het principe en de werking van de verschillende sensoren, die op het weerstation gemonteerd zijn (5 alinea).

- Luchttemperatuur – PTC: kleine weerstand bij lage temperatuur – NTC: grote weerstand bij lage temperatuur.
- Zonlichtintensiteit – LDR: kleine weerstand bij grote lichtsterkte





- Windrichting – Hall-effect: ten gevolge van een magneetveld  $B$  bewegen elektronen in een (half)geleider zich loodrecht op de richting van het magneetveld. Door verschuiving van de elektronen (lading) ontstaat een elektrisch veld  $E$ . Dit elektrische veld is recht evenredig met de sterkte van het magneetveld  $B$ . Dit elektrische veld uit zich een spanning die versterkt kan worden (zie onderstaand figuur).

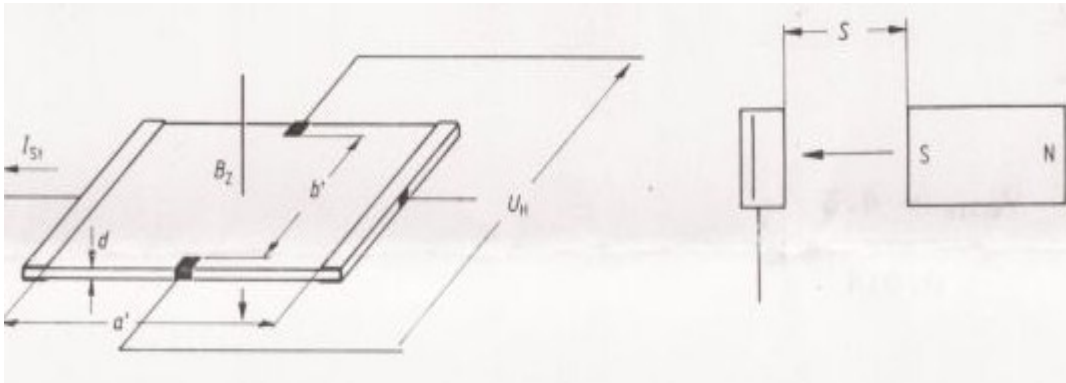


Fig. 94

De windvaan bestaat uit een horizontale stang, die op een verticale as draait. Het verticale vlak op de achterzijde van de stang zorgt dat windrichting verandering wordt gevolgd. Aan de voorzijde van de stang is een contragewicht voor horizontale balans van de stang. Met reed contacten kun de windrichting worden afgelezen in de computer. De magnetisch geactiveerde reed contacten zijn geselecteerd als windsensoren om verscheidene redenen. Zij hebben geen spanning nodig omdat zij door middel van een magneet worden bekrachtigd en zij hebben een zeer hoge impedantie (weerstand) in de open stand en te verwaarlozen impedantie (150 m $\Omega$ ) in de gesloten stand.

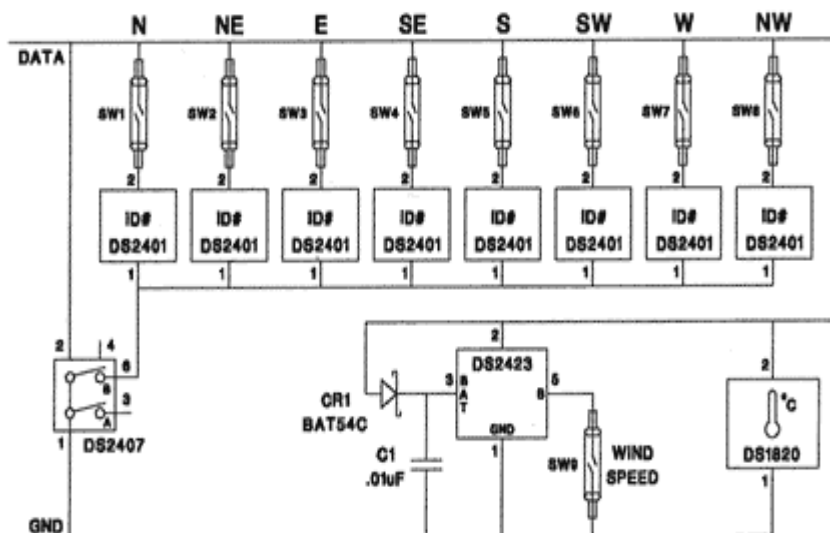


Fig. 95

Windsnelheid – Anemometer bestaat uit drie halve bolletjes, die de opvang van wind realiseren. Door de ronde vorm van de cups, heeft de bolle zijde minder weerstand dan de holle zijde. De as draait zo altijd in dezelfde richting, tegen de wijzers van de klok. Het toerental is een maat voor de windsnelheid. Een reed contact telt het aantal gemaakte rondjes van de cups. Het voordeel is dat nauwelijks wrijvingskracht moet worden overwinnen en dan ook lage windsnelheden kunnen worden gemeten.





Fig. 96

Regenmelding - Het sensoroppervlak reageert op regen of sneeuw. De polariteit en de gevoeligheid zijn instelbaar. De afzonderlijk inschakelbare verwarming voorkomt ijs - en dauwvorming en versnelt het drogen van het precies horizontale oppervlakte. Bij contact via water wordt een hoog signaal afgegeven naar de computer.

Een sensor geeft een spanning af aan de klimaatcomputer. Deze spanning kan elke willekeurig waarde tussen uiterste grenswaarden zijn. Deze sensor geeft dan een continu analogoog signaal af. Een sensor kan ook slechts enkele spanningswaarden afgeven. Dit heet dan een discreet signaal. Een sensor, die slechts twee waarden kan afgeven, levert een binair signaal. In de klimaatcomputer wordt deze spanning omgezet in een binair getal, bestaande uit alleen de cijfers 0 en 1. Dit binaire stelsel rekent met de machten van twee.

**Zo doe je dat**

Welke binaire code maakt de AD-omzetter van een gegeven spanning?

- 1 Reken eerst uit in hoeveel stapjes de AD-omzetter de spanning verdeelt.
- 2 Met hoeveel volt komt één stapje overeen?
- 3 Welk stapje hoort bij de gevraagde spanning?
- 4 Bereken de binaire code uit het decimale getal.

**Voorbeeld**

Een sensor geeft een spanning van 3,60 V af. De ingangsspanning van de 4 bits AD-omzetter ligt tussen 0 en 5 V. Bereken de bijbehorende binaire code.

- 1 Een 4-bits AD-omzetter verdeelt de spanning van 5 V in  $2^4 = 16$  stapjes.
- 2 Eén stapje is  $5 / 16 = 0,3125$  V
- 3  $3,60 / 0,3125 = 11,52$ , afgerond naar beneden: 11<sup>e</sup> stapje
- 4  $11_{\text{decimaal}} = 1011_{\text{binair}}$  (zie 6)

Fig. 97

De binaire getallen kunnen ook weer worden omgezet in decimale spanningswaarden.

**Zo doe je dat**

Van binair naar decimaal

- 1 Maak een tabel van voldoende tweemachten.
- 2 Zet onder de tabel het binaire getal, begin rechts.
- 3 Vermenigvuldig de getallen die onder elkaar staan. Tel deze getallen bij elkaar op.

Van decimaal naar binair

- 1 Maak een tabelletje van de machten van twee
- 2 Vul onder de grootste tweemacht die kleiner is dan het gegeven getal een 1
- 3 Trek deze tweemacht af van het gegeven getal
- 4 Vul in de tabel een 1 onder de nu grootste tweemacht die kleiner is dan de uitkomst van 3
- 5 Herhaal dit tot er nul overblijft. Waar geen 1 staat zet je een nul
- 6 In de tabel staat het binaire getal

**Voorbeeld**

Hoeveel is  $110001_{\text{binair}}$  in het decimale stelsel?

- |   |                                    |    |    |   |   |   |   |
|---|------------------------------------|----|----|---|---|---|---|
| 1 | 64                                 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| 2 | 0                                  | 1  | 1  | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | $0 + 32 + 16 + 0 + 0 + 0 + 1 = 49$ |    |    |   |   |   |   |

Hoeveel is 196 in het binaire stelsel?

- |   |                  |     |    |    |    |   |   |   |   |
|---|------------------|-----|----|----|----|---|---|---|---|
| 1 | 256              | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| 2 |                  | 1   |    |    |    |   |   |   |   |
| 3 | $196 - 128 = 68$ |     |    |    |    |   |   |   |   |
| 4 | 256              | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
|   |                  |     | 1  | 1  |    |   |   |   |   |
| 5 | $68 - 64 = 4$    |     |    |    |    |   |   |   |   |
|   | 256              | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| 6 |                  |     | 1  | 1  | 0  | 0 | 0 | 1 | 0 |
|   | want $4 - 4 = 0$ |     |    |    |    |   |   |   |   |

Fig. 98



Een analoog gemeten signaal wordt in de computer omgezet naar een digitaal signaal. Een digitaal signaal bestaat dus uit de cijfers 0 en 1. De digitale code is veel onnauwkeuriger dan het analoge signaal. Het aantal bits van een analoog/digitaal omzetter is bepalend voor de nauwkeurigheid: hoe meer bits, hoe nauwkeuriger.

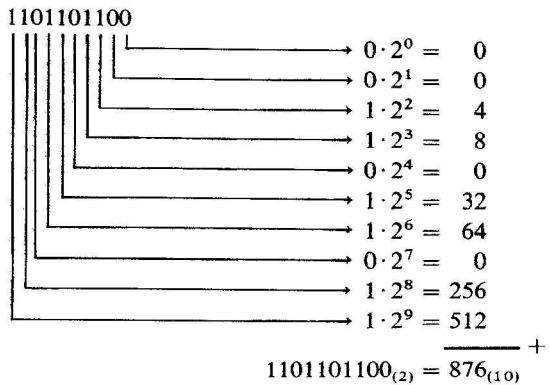


Fig. 99

Bedenk een voorbeeld, waarbij meten met de computer wel mogelijk en door de mens onmogelijk.

De valsnelheid van een bungeejumper, waarbij het elastiek net nog niet uitrekt. De tijden met grote nauwkeurigheid in de bobsleesport.

Schrijf de volgende decimale getallen op als binaire getallen. Geef ook de berekening.

2 = 0010 (4-bits)

34 = 00100010 (8-bits)

184 = 10111000 (8-bits)

Schrijf de volgende binaire getallen op als decimale getallen. Geef ook de berekening.

0100 = 4

01110001 = 113

000000100001010 = 266

De zonlichtsensor geeft voortdurend een spanning = 0 – 1,5 V.

De analoog/digitaal omzetter is 8 bits.

Bereken de resolutie (= stapgrootte) van de omzetter.

$1,5 / 28 = 1,5 / 256 = 0,00586 \text{ V}$

Bereken de binaire code bij een spanning = 0,846 V.

$0,846 / 0,00586 = 144,384 = 144\text{e stapje} = 10010000$



Je voorkeur gaat uit naar het minder nauwkeurig meten van de zonlichtsterkte, waarbij de spanning slechts in tienden wordt afgegeven. Hiervoor wordt nu een andere sensor gebruikt. Deze sensor heeft een groter meetbereik: 0 – 250 V.

Hoeveel bits moet de omzetter in de interface van de klimaatcomputer minimaal zijn?

$$250 / 0,1 = 2500 \text{ stapjes} = t/m 211 = t/m 2048 = 12 \text{ bits}$$

Wat is de binaire code bij een gemeten spanning = 226,1 V?

$$226,1 / 0,1 = 2261 = 100011010101$$

Bereken hoe nauwkeurig kan worden gemeten met digitale sensor, die een signaal van maximaal 12 V kan afgeven en is aangesloten op een 4-bits A/D omzetter.

$$12 / 24 = 12 / 16 = 0,75 \text{ V}$$

Het ijken van een weerstation gebeurt zelden op een glastuinbouwbedrijf. Vaak wordt meetapparatuur eenmalig geijkt bij de installatie van een nieuw station. Bij het ijken is het van belang dat de gemeten waarden overeenkomen met bekende waarden van de ijkmonsters. Een thermometer is het best te ijken in smeltend ijs van gedestilleerd water en in kokend gedestilleerd water, met gebruik van een warmtemeter. De gemeten afgegeven spanning kan dan worden uitgezet tegen de bekende temperaturen in een ijkgrafiek. De ijkgrafiek is feitelijk een rechte lijn. De schaalverdeling van de assen en de helling van de lijn zijn bepalend voor de gevoeligheid. Een thermometer met een groot meetbereik genereert geen verandering van spanning bij een kleine temperatuurverandering: hoe groter het meetbereik van de sensor, hoe kleiner de gevoeligheid. De gevoeligheid van een sensor, bijvoorbeeld een lichtsterktemeter, wordt uitgedrukt in de spanningsverandering per eenheid van de gemeten grootte. De grootte is dan Lux.

Een buitentemperatuursensor op het weerstation heeft een bereik van 70 oC (tussen -30 oC en 40 oC). De sensor is voor het gehele bereik lineair. De sensor geeft een spanning, variërend tussen 0 en 6 V. De sensor is aangesloten op een 8 bits A/D-omzetter in de klimaatcomputer.

In hoeveel stapjes wordt het bereik van de sensor verdeeld?

$$6 / 28 = 6 / 256 = 0,0234 \text{ V}$$

Hoe groot is het temperatuurverschil, dat nog te meten is?

$$70 / 256 = 0,27 \text{ oC} \approx 0,33 \text{ oC}$$

Bereken welke temperatuur hoort bij een sensorspanning van 2,5 V.

$$2,5 / 0,0234 = 106,67 = 106 \text{e stapje} \rightarrow -30 + (106 \times 0,27) = -1,38 \text{ oC} = -1,4 \text{ oC}$$

Bereken welke binaire code hoort bij 2,5 V.

$$106 \text{e stapje (8-bits)} = 01101010$$

Met systeembord kan worden gemeten, de gegevens worden verwerkt en een actie worden uitgevoerd. Met het systeembord kan een stuursysteem worden gerealiseerd. Enkele voorbeelden zijn een nachtbuitenlamp, een alarmsirene, een automatische roldeur en een beregeningsinstallatie.



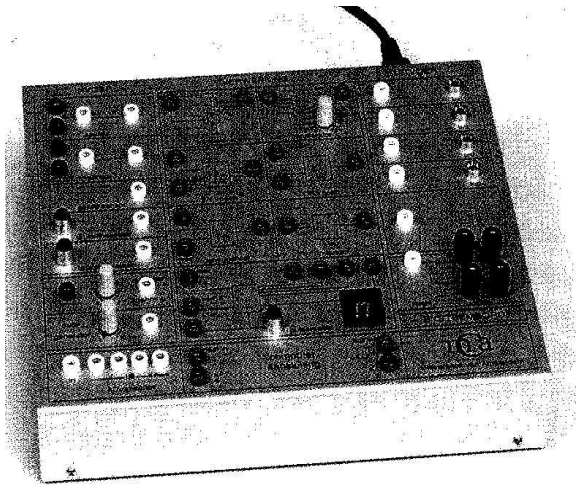


Fig. 100

Het systeembord bestaat uit een aantal componenten, waarmee zelfstandig een automatisch systeem kan worden ontworpen. De volgende componenten, ook wel de logische poorten, bevinden zich in de computer. Deze poorten zijn verwerkers van ingangssignalen tot binaire uitgangssignalen:

De EN-poort heeft een hoog signaal (5 V) bij de uitgang, als in de ene ingang én in de andere ingang een hoog signaal wordt ontvangen.

De OF –poort geeft een hoog signaal af, als de ene ingang óf de andere ingang óf in beide ingangen een hoog signaal krijgen.

De invertor is een omkeerder. Als het discrete signaal op de ingang laag (0 V) is, geeft de invertor een hoog signaal af. Als het ontvangen signaal hoog (5 V), dan leidt dit tot een laag signaal bij de uitgang.

De geheugencil onthoudt uitgaande signalen van de logische poorten. Een hoog signaal blijft een hoog signaal, ook als niet meer aan de voorwaarden wordt voldaan. Met reset als hoog signaal kan het geheugen worden gewist.

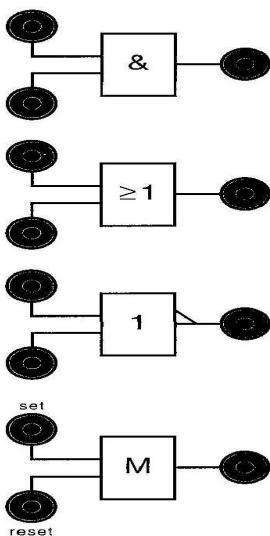


Fig. 101



De pulsenteller telt het aantal pulsen ofwel kortdurende signalen. Hoge korte signalen op de ingang worden geteld. Het display van de pulsenteller geeft het aantal pulsen digitaal in decimalen weer. De teller heeft 4 uitgangen. Bij vijf tellen geven de uitgangen 1 en 4 een hoog signaal. Met de resetknop wordt de teller weer op 0 gezet.

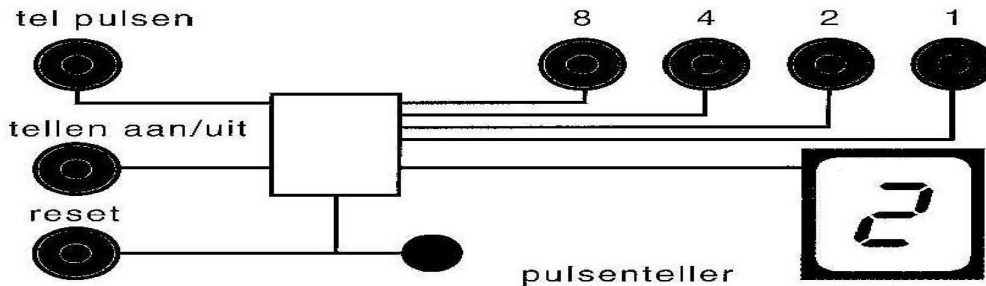


Fig. 102

De comparator verwerkt een continu binair signaal tot een discreet signaal. Met de draaiknop op de ingang kan een minimale continue waarde (Volt) worden ingesteld, waarbij bij de uitgang een hoog signaal wordt afgegeven.

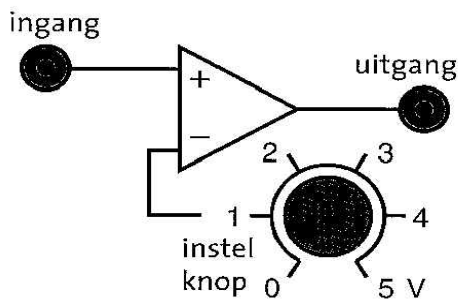


Fig. 103

Voor het gebruik van een systeembord kun je werken met de computer. Een systeembord is te vinden via de internetsite: [www.google.nl](http://www.google.nl) bij het zoeken naar 'systeembord'. In de volgende site: [www.sools.nl/?menu=tomsoft&page](http://www.sools.nl/?menu=tomsoft&page) kan een tijdelijke map 'Download Systeembord V1.51' worden gedownload. Elk automatisch systeem kan worden gebouwd met dit programma. Meerdere componenten zijn tegelijk inzetbaar. Een voltooid systeembord voor een automatisch systeem kan worden opgeslagen in een eigen documentmap.

A. Waarom moet een vaste hoeveelheid lucht door het blaaspijpje ter alcoholcontrole worden geblazen?

Het alcoholpromillage wordt gemeten met een bekende minimale hoeveelheid lucht, omdat dan het sensorreagens geheel is gevuld met uitgedemde lucht van de verkeersdeelnemer. Bij totale vulling van het reagensgedeelte van de blaaspijp wordt pas de concentratie (massa/volume) gemeten. Dan kunnen ook pas de ijkwaarden worden vergeleken met de ademwaarden.

B. Welke verwekkers zitten aangesloten op de alcoholsensor?

Antwoord: Blaaspijp BRD - comparator, geheugencel



Met het systeembord kan een alarminstallatie worden gebouwd. De schakelaars simuleren de sensoren bij de voor – en achterdeur. Deze sensoren zijn aangesloten op een OF-poort. De uitgang van de OF-poort is aangesloten op een led én op de set van een geheugencel. De uitgang van de geheugencel is op de toeter aangesloten (zet het geluid van de computer aan). De led laat zien of de deur nog open staat. Met de toeter is te horen dat er iemand is of geweest is.

C. Wanneer gaat de toeter af?

De toeter gaat af bij het openen van de voor – of achterdeur.

Een insluiper is door de voordeur naar binnen gekomen en heeft onmiddellijk weer dicht gedaan, terwijl de eigenaar net even weg was.

D. Wat merk je dan nog aan de toeter?

De toeter gaat af en blijft aan.

De toeter kan beter pas na 8 seconden afgaan, nadat de deur open geweest is.

E. Welke verwerker is dan nodig?

De pulsenteller moet worden gebruikt voor het tellen van de seconden.

F. Hoe moet je deze verwerker aansluiten in dit automatische systeem?

Antwoord: Alarm BRD

Te laat water geven in de ochtend kan grote schade toebrengen aan een gewas. Het gewas kan dan onherstelbaar slap gaan. Om dit te voorkomen moet bij het bereiken van een ingestelde temperatuur worden water gegeven. De kweker wil immers ook in de zomer op vakantie kunnen gaan. Voor deze automatisch watrigift kocht de kweker een tweedehands temperatuursensor met een onbekende bereik en gevoeligheid.

Beschrijf kort en volledig wat de kweker moet doen voor het ijken van de gekochte temperatuursensor. Geef ook een opsomming van de benodigde spullen.

De temperatuursensor moet worden geijkt in smeltend ijs van gedestilleerd water en koken gedestilleerd water. Hierbij moet worden gewerkt met een interface en een computer voor het opstellen van de ijklijn. Bij bekende temperaturen 0 oC en 100 oC wordt dan spanning gemeten. De ijklijn kan worden getrokken, waaruit dan de gevoeligheid (oC/V) van de sensor kan worden berekend.

Het meest simpele systeem is continue watrigift boven een ingestelde temperatuur. Echter de eenmalige dagelijkse watrigift moet 7 minuut duren.

Maak de schakeling op het digitale systeembord, waarbij wordt voldaan aan de kort durende watrigift boven een ingestelde temperatuur.

Antwoord: Watrigif BRD





Verkeerskruispunt – Ieder druk kruispunt is voorzien van stoplichten. De stoplichten worden volledig automatisch gestuurd. Als veel verkeer op alle toegangswegen is, werken de stoplichten volgens een vast patroon. Op een hoofdweg met twee zijwegen staan de stoplichten vaak wel langer op groen. Stoplichten op fiets – of wandelpaden gaan meestal pas op groen, als een knop wordt ingedrukt.

Bestudeer een oversteekplaats voor fietsers en maak dan een schakeling van enkele stoplichten, die op elkaar afgestemd staan. Voor de simulatie met het systeembord staan de stoplichten voor fietsers gedurende slechts 8 seconden op groen. Hierbij kan worden gedacht aan twee stoplichten voor gemotoriseerd verkeer vanuit beide richtingen en twee stoplichten voor overstekende fietsers en wandelaars.

Antwoord: Oversteek BRD

Het systeembord is zeer vergelijkbaar met een PLC in een pneumatisch aangedreven automatisch systeem, bestaande uit ventielen en cilinders.

Een PLC (Programmable Logic controller) wordt beschermd tegen hoge ingangsspanning (24 V). Deze spanning wordt teruggebracht tot een laag signaal (5 V) met een opto-coupler. Dit hoge signaal is in feite een logische '1' in een binair getal.

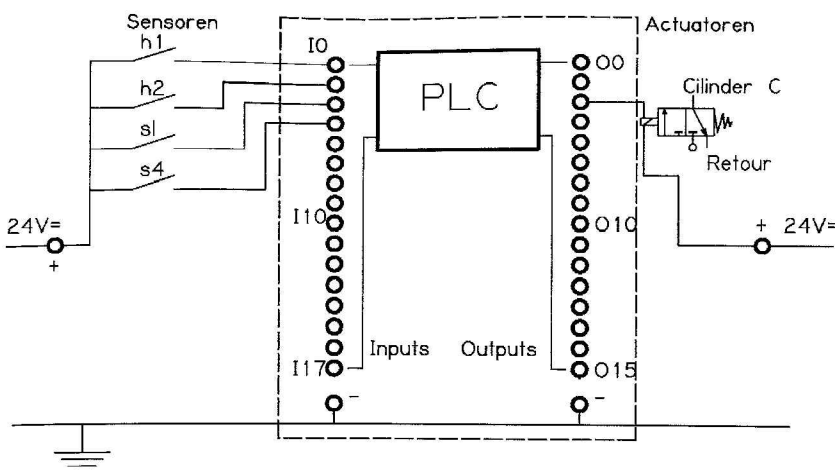


Fig. 104

De ingangen van de PLC zijn X0 t/m X7. De uitgangen zijn Y0 t/m Y7. Een PLC moet stap voor stap worden voorzien van opdrachten. Dit gebeurt door de PLC te programmeren in machinetaal. Deze programmeertaal is zeer moeilijk. Met het station Sorteren wordt gewerkt met een eenvoudig geprogrammeerde PLC.



### 3.3 Onderhoud meetbox



Fig. 105 Meetbox van Priva (l) en van Hoogendoorn (r).

Tip: Maandelijks onderhoud droge/natte bol voorkomt foutieve vochtmeting

Metten is weten. Alleen moeten de temperatuurmeters wel schoon zijn. Maandelijks onderhoud van de droge/natte bol van uw meetbox is daarom erg belangrijk. Met de tips en adviezen van de Priva Klimaatadviseur weet u op precies waar u op moet letten.

#### Meetprincipe

Voor het meten van de vochtigheid van de kaslucht maakt Priva gebruik van het principe van 'natte bol' en 'droge bol'. Het principe is gebaseerd op een meetbox met daarin twee identieke temperatuuropnemers waarvan er één de temperatuur van de kaslucht meet en de andere verbonden is met een vochtige kous. De computer is in staat om op basis van het gemeten temperatuurverschil de relatieve vochtigheid (RV) en/of het vochtdeficit (VD) te berekenen.

#### Maandelijks onderhoud droge/natte bol

Als gevolg van vervuiling in het waterreservoir van de meetbox verdroogt het meetboxkousje. De reden hiervan is dat de poriën van de kous verstopt raken zodat er geen water meer 'stroomt' naar de temperatuuropnemers. Deze verstopping wordt meestal veroorzaakt door vuil en micro-organismen zoals algen, schimmels en bacteriën. Maak er dus een gewoonte van om het waterreservoir van de meetbox met een vaste regelmaat van éénmaal per maand schoon te maken. Het gebruik van chloor is hierbij toegestaan, mits er goed nagespoeld wordt met schoon water. Priva adviseert om bij het schoonmaken gelijktijdig de kous in zijn geheel te vervangen.

#### Aquanex meetboxvloeistof

Om de gebruiksduur van de kous te verlengen, kunt u tevens gebruik maken van Aquanex meetboxvloeistof. Verontreinigingen die voorkomen in de meetbox worden hierdoor afgebroken. Dit voorkomt verstopping van de kous en verlengt de gebruiksduur van de kous. Aquanex meetboxvloeistof is via Priva of uw dealer leverbaar in een 5 liter-verpakking en moet onverdund gebruikt worden in de meetboxen. Uit onderzoek is gebleken, dat het gebruik van Aquanex geen nadelige invloed heeft op de vochtmeting en de gebruiksduur van het kousje kan verlengen tot enkele maanden.

#### Overige aandachtspunten voor de meetbox

Naast een goede werking van de meetboxkous gelden voor een goede meting van de kasluchttemperatuur en de luchtvochtigheid nog een aantal aandachtspunten:



De meetbox moet op de juiste plaats geïnstalleerd worden. Let daarbij op factoren die afwijkende metingen kunnen veroorzaken zoals: een verwarmingsbuis, een heteluchtkachel, condensvorming van de goot, de kouval veroorzaakt door het openlopen van het schermdoek, enzovoorts.

De ventilator van de meetbox moet goed draaien om de kaslucht met een constante snelheid langs de temperatuurvoelers te leiden. Wanneer de ventilator herrie maakt, duidt dit vaak op slijtage van de ventilator en dus mogelijk een onvoldoende werking. Indien nodig moet de ventilator vervangen worden.

De temperaturopnemers moeten in orde zijn. Dit kan gecontroleerd worden door de kous van de temperaturopnemers af te halen, de voeler droog en schoon te maken en vervolgens te controleren of beide voelers dezelfde temperatuur aan geven. Indien dit niet het geval is, kan dit betekenen dat één van de voelers defect is. Een andere mogelijkheid is dat de bekabeling problemen veroorzaakt.

Het water in de meetbox moet van goede kwaliteit zijn. Geadviseerd wordt om gedestilleerd of gedemineraliseerd water te gebruiken. Zorg ervoor dat het kousje niet op kan drogen. Vul het waterreservoir dus op tijd bij. Water uit de kraan of water van de ketelcondensor bevat voor dit meetprincipe te veel verontreinigingen en is dus niet geschikt! Het gebruik van Aquanex gaat de groei van algen, schimmels en bacteriën tegen, wat verstopping van de kous helpt te voorkomen.

De meetbox kous moet in orde zijn. Gebruik de voorgeschreven kous. Zorg ervoor dat de kous tijdens het wisselen schoon blijft. Pas dus op met vette vingers!

Schakel de meetbox ventilator uit wanneer er een gewasbescherming in de afdeling plaatsvindt. Hierdoor voorkomt u dat er gewasbeschermingsmiddelen de meetbox in gezogen worden.

Meer weten? Neem contact op met onze klimaatadviseur André Kool, 0174 522 720.

### **Vragen**

- Welk onderhoud doet de kweker werkelijk aan de meetboxen?
- Afhankelijk van het gewas, op welke hoogte kan een meetbox het best hangen in de kas?
- Welke twee temperaturen worden continu gemeten?
- Wat is het gevolg van een verkalkt kousje voor de gemeten relatieve luchtvochtigheid? En voor het gemeten vochtdeficit?
- Hoe kun je het best en eenvoudig een ijking van de gemeten temperaturen uitvoeren?



## Hoofdstuk 4. Bewatering

### 4.1 Grootte van de wateropslag berekenen

Op de internetsite van het KNMI staan neerslag - en referentie gewasverdamping gegevens, gemeten in zeer veel plaatsen in ons land gedurende 2013.

[http://www.knmi.nl/klimatologie/monv/pdf/monv\\_201313.pdf](http://www.knmi.nl/klimatologie/monv/pdf/monv_201313.pdf)

#### Opdracht

Maak een grafiek voor de referentie gewasverdamping en de neerslag gedurende 2013.

In de zomer zie je een verschil tussen weinig neerslag en veel verdamping. Dit oppervlakte in de grafiek is uit te drukken  $L/m^2$  ( $L = 1 \text{ mm}/m^2$ ).

Kies zelf een glastuinbouwbedrijf.

Bereken het totale tekort aan regenwater voor dit bedrijf, dat door reparatie van het waterbassin geen regenwater kan opslaan.

Bereken het maximale totale watertekort voor een hete zomerse dag.

Bereken het geadviseerde volume wateropslag voor dit bedrijf met toelichting.

### 4.2 Vloeistofleer

Debiet is een natuurkundige eenheid voor een doorstromend medium uitgedrukt als de hoeveelheid van een vloeistof of gas per tijdseenheid. De eenheid wordt toegepast in de stromingsleer, hydrologie, geografie, civiele techniek, de meet- en regeltechniek en procestechniek. In de pomptechniek wordt vaak de term opbrengst gebruikt.

$$Q = \frac{V}{t}$$

waarbij

$Q$  = debiet

$V$  = volume

$t$  = tijd

De eenheid wordt doorgaans uitgedrukt in  $m^3/s$ . Maar waar dit in de praktijk leidt tot onhandige getallen worden ook afgeleide eenheden gebruikt als  $m^3/d$ ,  $m^3/h$ ,  $l/s$  of  $l/h$ .

Debiet kan in plaats van volume ook als massadebiet uitgedrukt worden (bijvoorbeeld als  $kg/s$ ).

#### Vloeistoffen

In de hydrologie staat debiet voor de hoeveelheid water die een rivier of beek per tijdseenheid transporteert of afvoert. Het jaargemiddelde debiet van de Rijn aan de Nederlands-Duitse grens bedraagt bijvoorbeeld 2200 kubieke meter per seconde.



De debietmeter is een meetinstrument, waarmee het debiet van water gemeten kan worden door buizen en pijpen. Het debiet van grotere waterlopen kan alleen berekend worden uit dwarsdoorsneden en stroomsnelheidsmetingen, of stijgsnelheden van de waterspiegel in bassins aan het eind van de waterloop (stuwmeren).

Omgekeerd kan wanneer het debiet bekend is, de gemiddelde stroomsnelheid van het water op een zekere locatie worden bepaald door deze te delen door de oppervlakte van de doorsnede van de waterloop,  $v = Q / A$ , er geldt immers:

$$Q = Av$$

waarbij

$Q$  het debiet,

$A$  de oppervlakte van de doorsnede

$v$  de snelheid van de vloeistof

In deze vorm heeft de formule overeenkomst met de wet van Ohm ( $U = I \cdot R$ ) voor elektriciteit, waarbij  $Q \leftrightarrow U$ ,  $A \leftrightarrow R$  en  $v \leftrightarrow I$ . Hierdoor kan stroming van water gemodelleerd worden in een analoge computer.

De dwarsdoorsnede-gemiddelde stroomsnelheid in Rijntakken in Nederland varieert van 0,5 tot 1,5 m/s, corresponderend met een  $A$  van 1500 tot 4400 m<sup>2</sup>.

### Wet van Bernoulli

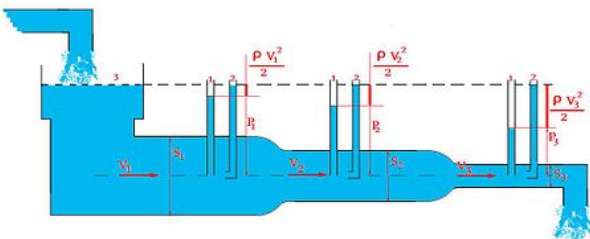


Fig. 106 De Bernoullivergelijking op drie punten in een buis

De wet van Bernoulli is een natuurkundige wetmatigheid die het stromingsgedrag van vloeistoffen en gassen beschrijft, en de drukveranderingen aan hoogte- en snelheidsveranderingen relateert. Het is een wet uit de aero- en hydrodynamica, die in de achttiende eeuw werd beschreven door Daniel Bernoulli.

Een van de natuurkundige effecten die de wet beschrijft, is dat een toename in de snelheid van een vloeistof of gas gepaard gaat met een verlaging van de druk in die vloeistof of dat gas.

### Beschrijving

De wet is genoemd naar Daniel Bernoulli, hoewel het Leonhard Euler was die de vergelijking in de navolgende vorm als eerste afleidde. De formule is, onder strenge voorwaarden, een vereenvoudigde vorm van de wet van behoud van energie. In feite formuleert de wet het behoud van de energiedichtheid langs een stroomlijn voor stationaire stromingen in onsamendrukbare en niet-viskeuze media met constante (massa)dichtheid. Langs een stroomlijn geldt:



$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh + p = \text{constant}$$

Hierin is:

v de snelheid (m/s)

g de valversnelling (m/s<sup>2</sup>)

h het hoogteverschil (m)

p de druk (Pa)

ρ de (massa)dichtheid (kg/m<sup>3</sup>)

In de formule zien we de kinetische energiedichtheid of dynamische druk  $\frac{1}{2}\rho v^2$  en de gravitatiedruk  $\rho gh$ .

Omgerekend naar lengte-eenheden levert dit voor het totale energieniveau H [m] van de stromende vloeistof:

$$\frac{v^2}{2g} + h + \frac{p}{\rho g} = H.$$

Hierin is  $h + \frac{p}{\rho g}$  het zogenaamde piëzometrisch niveau en  $\frac{v^2}{2g}$  de snelheidscomponent.

### Uitbreiding

De wet kan uitgebreid worden door toe te laten dat de temperatuur van het medium langs de stroomlijn verandert:

$$\frac{1}{2}v^2 + gh + \frac{p}{\rho} + \frac{u}{g} = \text{constant}$$

u: dichtheid van de energie-inhoud van het medium (indien het medium opgewarmd wordt, stijgt u)

De wet is van toepassing als de volgende aannames van toepassing zijn:

Viscositeit = 0

Stationaire stroming

ρ is constant

De wet geldt alleen voor twee punten op dezelfde stroomlijn.

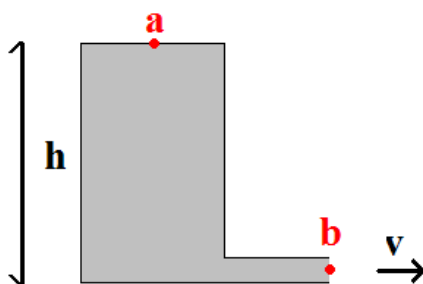


Fig. 107 Wet van Toricelli



Aan de hand van deze vergelijking kan de wet van Torricelli, waarmee de snelheid van water onderaan een vrij reservoir berekend wordt, aangetoond worden:

$$\frac{1}{2}v_a^2 + gh_a + \frac{p_a}{\rho} + \frac{u_a}{g} = \frac{1}{2}v_b^2 + gh_b + \frac{p_b}{\rho} + \frac{u_b}{g}$$

We verwaarlozen de term  $v_a$ , stellen  $p_a=p_b$  (vrij reservoir), nemen  $h_a=0$  en  $h_b=-h$ , en veronderstellen dat de inwendige energie van het water niet verandert; dan wordt de formule:

$$0 = \frac{1}{2}v_b^2 - gh \Rightarrow v_b = \sqrt{2gh}$$

### Toepassingen

De Wet van Bernoulli wordt onder andere gebruikt in berekeningen aan een pitotbuis. Een veelgebruikte afgeleide formule van de wet binnen de procestechnologie is:

$$p_a + \rho gh_a + \frac{1}{2}\rho v_a^2 = p_b + \rho gh_b + \frac{1}{2}\rho v_b^2 + \Delta p_f$$

Hierin is:

$p_a$  de druk in punt a (als voorbeeld kan bovenstaande afbeelding gebruikt worden)

$\rho$  de dichtheid van de vloeistof

$g$  de valversnelling

$h_a$  de (relatieve) hoogte in punt a

$v_a$  de stroomsnelheid in punt a

$p_b$  de druk in punt b

$h_b$  de (relatieve) hoogte in punt b

$v_b$  de stroomsnelheid in punt b

$\Delta p_f$  de drukval als gevolg van wrijving.

Deze formule kan natuurlijk ook uitgebreid worden voor meer dan twee punten. In principe is het mogelijk om oneindig veel punten te beschrijven. Voor n punten ziet de formule er als volgt uit:

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \Delta p_{f(1,2)} = \dots = p_n + \rho gh_n + \frac{1}{2}\rho v_n^2 + \Delta p_{f(n-1,n)}$$

In de volgende internetsites staat deze wet van Bernoulli in andere woorden uitgelegd met 8 bijbehorende vragen met uitwerkingen.

<http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w2E%20wet%20van%20bernoulli/bernoulli%20theorie.pdf>

Zo kan je zelf jouw antwoorden controleren.

<http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w2E%20wet%20van%20bernoulli/bernoulli%20uitwerkingen.pdf>

In de volgende internetsite staan nog meer opgaven mét uitwerkingen.

<http://www.roelhendriks.eu/Natuurkunde/w2E%20wet%20van%20bernoulli/bernoulli%20toetsen.pdf>

### Vraag

Leg aan de hand van de wet van Bernouille uit waarom de pvc buizen nabij een waterbassin een grotere doorsnede bevatten dan verder van het waterbassin.





### 4.3 Pomptechnieken

In deze internetsite staat zeer veel informatie ten behoeve van kennis over basisprincipes van de pomptechniek met 55 vragen (wist u dat ....) met antwoorden.

[http://www.sabvba.com/upload/20070515161643\\_Basisprincipes\\_van\\_de\\_pomptechniek\\_WILO.pdf](http://www.sabvba.com/upload/20070515161643_Basisprincipes_van_de_pomptechniek_WILO.pdf)

### 4.4 Hogedrukverneveling/luchtbevochtiging

"Naast het regelen van de luchtvochtigheid is hogedrukverneveling ook uitermate geschikt voor het regelen van de ruimtetemperatuur", zegt ing. Frank van Paassen. "Bij natuurlijke temperatuurregeling (adiabatische koeling) wordt, door de combinatie van warmte en een fijne verneveling, verdamping ontwikkeld. Voor verdamping is energie nodig. De energie wordt onttrokken uit de omgeving, waardoor de temperatuur daalt. Bij hoge temperatuur en lage luchtvochtigheid kan de temperatuur op een natuurlijke wijze met 8 graden worden teruggebracht."



Fig. 108

"Voor de tuinder levert dit verschillende voordelen op", zegt Frank. "Optimalisatie en preciezere afstemming van de luchtvochtigheid en temperatuur door het gebruik van hogedrukverneveling. Ook zijn telers door de optimale luchtvochtigheid beter in staat de vochtopname door het blad van de gewassen te sturen. Men realiseert een reducering van het watergebruik ten opzichte van dakberegening, omdat al het vernevelde water verdampt in de kas. En bij adiabatische koeling hoeven de telers minder te 'luchten' waardoor de CO<sub>2</sub> langer in de kas blijft."

#### Waarom hebt u een hoge druk vernevelsysteem nodig?

Een plant bestaat voor 80-90% uit water. Naast bouwstof en transportmiddel, is het koelen van de plant door verdamping een belangrijke functie van dit water. Deze verdamping vindt plaats door de "huidmondjes".

De snelheid waarmee deze transpiratie kan plaatsvinden, wordt bepaald door warmte, CO<sub>2</sub> concentratie, licht en water. In de bladen van de plant is de luchtvochtigheid 100%. De mate van opening van de "mondjes" wordt voor een belangrijk deel bepaald door het verschil in RV tussen de lucht rondom het blad en de RV in het blad. Is dit verschil groot, dan openen de huidmondjes zich verder, en gaat de transpiratiesnelheid omhoog. Als de huidmondjes te ver open staan en de omliggende cellen het verlies van water door verdamping niet meer op tijd kunnen aanvullen, ontstaat waterstress.

Een goed hoge druk vernevelsysteem is een sturingsmiddel om deze situatie te voorkomen.

Laat MJ Tech u adviseren welke installatie voor u het meest geschikt is en hoe we het uitgangswater op uw bedrijf moeten gaan behandelen om het geschikt te maken voor gebruik in onze mistinstallatie.





Fig. 109

#### **Wat zijn de kenmerken van onze mist installatie?**

De nozzle's zorgen voor mist met een druppelgrootte rond de 5 micron zodat het vocht optimaal opgenomen kan worden in de lucht. Ook zijn deze steeds voorzien van een anti-drip klepje.

#### **Werkdruk systeem tussen 80 en 100 Bar**

De installatie is als enige op de markt geheel uitgevoerd in RVS zodat er geen elektrolyse tussen verschillende metalen mogelijk is.

Het MJ-Tech perssysteem laat ons toe de installatie in een minimum van tijd te voltooien. De koppelingen evenals de leidingen zijn vervaardigd van hoogwaardige materialen, en van uitstekende kwaliteit.

De perskoppelingen zijn dusdanig ontworpen dat deze de waterdoorstroming niet belemmeren, dit om ervoor te zorgen dat er van drukverlies nauwelijks sprake is.

Elke afdeling in de serre wordt apart gevoed, hierdoor kan elke afdeling op het gewenste moment van vocht voorzien worden, zelfs gelijktijdig! Dit om een zo constant mogelijk vochtbeeld te creëren.

Elke pomp wordt afzonderlijk aangestuurd via een frequentieregelaar. Dit verhoogd de levensduur van de pompen aanzienlijk. Een 2<sup>de</sup> voordeel hiervan is dat de geluidsproductie sterk afneemt.

Een MJ-Tech mistinstallatie is eveneens in staat om tot 8°C te koelen. Naast de koelende eigenschap van het miststelsel heeft men ook een hoger behoud van CO<sub>2</sub> in de kas.

Het water dient zodanig voorbehandeld te worden dat verstopping van de nozzle's wordt voorkomen. Hiervoor voorzien we steeds een geschikt filtersysteem op maat van de klant.



De installatie is dusdanig ontworpen zodat er slechts een minimaal onderhoud vereist is. De onderhoudskosten zijn ook tot het minimum herleid.

Elk onderdeel in de MJ-Tech mistinstallatie komt uit onze eigen fabriek.

Door een ervaring van ruim 25 jaar kunnen de specialisten van MJ-Tech steeds beantwoorden aan de wensen van de klant.

Voor meer informatie rond dit onderwerp kunt u steeds onze brochure raadplegen.

### **Opdracht**

Maak een technische tekening voor een hogedrukvernevelingsinstallatie voor een glastuinbouwbedrijf naar keuze. Benoem alle onderdelen met behorende belangrijke gegevens (stuks, lengte, merk, type, diameter) in de tekening.

## **4.5 Grondwateropslag**



Fig. 110 Een net in de grond.

Koude-warmteopslag of koude- en warmteopslag (KWO), ook wel warmte-koudeopslag of warmte- en koudeopslag (WKO), is een methode om energie in de vorm van warmte of koude op te slaan in de bodem. De techniek wordt gebruikt om gebouwen te verwarmen en/of te koelen. Ook in de tuinbouw wordt steeds vaker gebruikgemaakt van deze techniek.

### **Inleiding**

Watervoerende lagen in de bodem laten zich uitstekend gebruiken om warmte en koude in op te slaan. In de zomer gebruikt men het koele grondwater om gebouwen en kassen te koelen, het opgewarmde water slaat men op in de bodem totdat het in de winter wordt gebruikt om gebouwen en kassen te verwarmen. Het koelen met grondwater kan direct. Voor verwarming wordt een zogenaamde warmtepomp op de bron aangesloten. In de praktijk zijn met deze techniek besparingen van 95% op koeling en 40-50% op verwarming mogelijk.

De energiebesparing die met ondergrondse energieopslag kan worden behaald, hangt sterk af van de geologie van het gebied. Bepalend zijn de dikte van watervoerende pakketten en de doorlatendheid van de bodem. Water kan alleen uit zandpakketten gehaald worden. In een kubieke meter zand is ongeveer 30-35% water opgenomen. In gebieden met dikke zandpakketten met grove korrels kan veel water gehaald worden en zijn KWO-systemen zeer rendabel. Als er slechts dunne lagen beschikbaar zijn, zijn systemen duur en minder rendabel.

Naast watervoerende lagen in de bodem is ook koude-warmteopslag in gegraven ondergrondse buffers mogelijk. Een dergelijke opslag is circa 5 m diep, bekleed met folie en afgedekt met een isolerend



sandwichpaneel. De buffer is aan de onderzijde en aan de bovenzijde voorzien van een sproeibuis om het water zonder turbulentie in te brengen. Menging van de waterlagen dient voor een optimaal rendement namelijk zo veel mogelijk voorkomen te worden. Het omliggende grondpakket geeft een vergelijkbare isolatiewaarde als bij de KWO-opslag in ondergrondse waterlagen. De aanleg van een dergelijke buffer is overal mogelijk, daarnaast is ook hoge-temperatuur-warmteopslag tot 95 graden mogelijk.

In tegenstelling tot koude-warmteopslag gaat het bij aardwarmte (geothermie) om het gebruik van nature in de grond aanwezige warmte.

### **Open en gesloten systemen**

Er zijn twee verschillende systemen voor ondergrondse energieopslag bekend.

#### **1. Open systemen**

Open grondwatersystemen (doubletten en monobronnen met opslag en recirculatie) staan in open verbinding met watervoerende pakketten en gebruiken grondwater dat via een beperkt aantal buizen wordt onttrokken en geïnfiltreerd. Het grondwater wordt via een warmtewisselaar geleid om daarna weer in de bodem te worden geïnfiltreerd. Het onttrekken en infiltreren, gebeurt op enkele tientallen tot ruim tweehonderd meter diepte, afhankelijk van waar zich een geschikt watervoerend pakket bevindt. Bij doubletten worden twee bronnen op enige afstand (ca. 100 meter) geboord en worden filters in beide bronnen afgesteld. Het water wordt in de zomer uit de zogenaamde koude bron opgepompt, de kou wordt aan het gebouw of proces afgegeven. Het opgewarmde water wordt daarna in de andere bron (de warme) ingebracht. In de winter wordt het warme water opgepompt en wordt de warmte afgegeven aan een warmtepomp. Het hierdoor afgekoelde water wordt daarna weer in de koude bron opgeslagen.

Een monobron werkt volgens hetzelfde principe. Hierbij is er echter maar één bron(boring). De koude en warme voorraad worden hierbij niet op enige afstand naast elkaar, maar boven elkaar opgeslagen. Aangezien hierbij slechts één bron(boring) nodig is, zijn deze systemen goedkoper en daarom rendabeler. Dit systeem kan direct naast een gebouw geplaatst worden. Hiermee wordt wko ook haalbaar kleinere projecten. Afhankelijk van de bodemgesteldheid kunnen monobronsystemen tot 55 m<sup>3</sup>/uur gerealiseerd worden.

Moderne kantoren met wko en alleen warmtepompen voor verwarming hebben ongeveer 5 m<sup>3</sup>/ uur per 1000 m<sup>2</sup> bvo nodig.

#### **2. Gesloten systemen**

Bodemwarmtewisselaars staan niet in open verbinding met grondwater, maar maken gebruik van water met een antivriesmiddel (veelal een glycoloplossing) dat wordt rondgepompt door een gesloten systeem in de bodem. Het systeem bestaat uit U-vormige buizen van polyethyleen, zogenaamde collectoren, die in een boorgat worden geplaatst. Vandaar een benaming als boorgatenergieopslag.

De thermische energie in de bodem wordt door middel van geleiding via de buiswanden overgedragen aan het medium in de warmtewisselaar. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een horizontale, ondiepe variant en een verticale, diepe variant. Bodemwarmtewisselaars kunnen tot een diepte van tientallen tot meer dan honderd meter reiken. Dergelijke systemen zijn over het algemeen kleinschaliger dan open systemen en worden vooral in de woningbouw en kleine utiliteitsbouw toegepast.

Zomers thermische energie opslaan in de bodem heeft bij dergelijke kleine (woonhuis) systemen vaak geen zin, de grondwaterstroming heeft het mogelijk al afgevoerd voor dat het weer gebruikt kan worden. Op



korte termijn de opgeslagen warmte weer gebruiken voor tapwater bereiding heeft wel nut. De grens van het verplicht regenereren ligt dan ook bij >70kW onttrekking per jaar. [opmerking: Wat wordt bedoeld met 70 kW per jaar??? kW is een vermogen, geen hoeveelheid energie!]

Geschiktheid van een gebied voor ondergrondse energieopslag

Niet elk gebied is even geschikt voor ondergrondse energieopslag. De potentiële toepassing van ondergrondse energieopslag wordt beïnvloed door zowel de plaatselijke wet- en regelgeving als de fysisch-chemische eigenschappen van de ondergrond.

### **Wet- en regelgeving**

In Nederland staan het rijk en de provincies niet afwijzend tegenover ondergrondse energieopslag, gezien de energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie. Ondergrondse energieopslag kan echter een grote invloed hebben op de (ondergrondse) omgeving. Deze negatieve effecten, die genoemd worden als toetsingscriteria in de Waterwet en de Wet bodembescherming, zijn onder meer:

3. Verspreiding van bestaande bodemverontreiniging door de werking van het systeem
4. Vermindering van natuurwaarden door negatieve effecten op de grondwaterstand
5. Negatieve beïnvloeding grondwateronttrekkingen
6. Negatieve beïnvloeding van andere ondergrondse energieopslagsystemen
7. Negatieve beïnvloeding van archeologische monumenten en aardkundige waarden
8. Verzilting van zoet water of verzoeting van zilt water
9. Grondwaterverlagingen die leiden tot zettingen bij ondiepe systemen
10. Opbrengstderving

De effecten op grondwater door temperatuurverhoging en -verlaging binnen het bereik van 5 tot 25 °C zijn beperkt.

Op sommige plaatsen zijn KWO-systemen niet toegestaan of er worden hieraan nadere voorwaarden gesteld. Toepassing van koude-warmteopslag is verboden in waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden voor de openbare drinkwatervoorziening en gebieden met een boringvrije zone.

### **Fysisch-chemische karakteristieken ondergrond**

Fysisch-chemische karakteristieken die de potentie van ondergrondse energieopslag beïnvloeden, zijn onder meer:

1. Dikte watervoerende pakketten
2. Doorlatendheid watervoerende pakketten
3. Doorlaatvermogen watervoerende pakketten
4. Diepte watervoerende pakketten
5. Weerstand scheidende lagen
6. Zoet-zoutovergangen
7. Onder druk opgeloste gassen

Infiltratie is vooral voor agrarische bedrijven heel interessant. In de zomer valt er soms te weinig regen en moet er ander water als gietwater worden gebruikt. In de herfst en winter regent het juist veel. Het



regenwater dat 's winters valt, kan worden opgeslagen en in de zomer als gietwater gebruikt worden. Omdat landbouwgrond in veel landen waardevol is, is het vaak moeilijk of zelfs onmogelijk om wateropslag boven de grond rendabel te maken. Ondergrondse wateropslag, of wel infiltratie, is dan een goede optie. Een HDDW zorgt voor hoge capaciteit infiltratie en kan zelfs worden aangebracht onder obstakels, zoals gebouwen.

### **Voordelen van infiltratie door de HDDW**

Een van de voordelen van grondwateropslag door middel van HDDW is dat er zeer veel water kan worden geïnfiltreerd (hoge capaciteit). Andere voordelen:

- Weinig oppervlakte gebruik, dus weinig landschapsvervuiling.
- Mogelijkheden om te infiltreren in diepere watervoerende pakketten.
- Eenvoudig in onderhoud.
- Lage totale kosten voor eigendom.

### **Opdracht**

Schrijf een betoog voor een open systeem van ondergrondse wateropslag. Schrijf een betoog voor een gesloten systeem van ondergrondse wateropslag. Elke betoog is maximaal één A4.

### **Vragen**

1. Wat is nu precies ondergrondse wateropslag voor uitgangswater?
2. Wanneer is een bodem voor deze ondergrondse wateropslag geschikt?
3. Wat is het grootste voordeel van deze vorm van wateropslag?
4. Wat zijn 3 grote nadelen van deze wateropslag?



## Hoofdstuk 5. Afwatering

### 5.1 Wet & Regelgeving

Op deze internetsite wordt zichtbaar dat de N - en P emissie verschilt per gewas in de glastuinbouw.  
<http://www.emissieregistratie.nl/ERPUBLIEK/documenten/Water/Factsheets/Nederlands/Glastuinbouw.pdf>

#### Handboek water

Inhoud pagina: Lozen drainwater substraatteelt

De activiteit omvat het lozen van drainwater dat ontstaat bij substraatteelt in een kas. Drainwater is voedingswater dat bij substraatteelt niet wordt opgenomen door het gewas. Substraatteelt is het telen van gewassen los van de volle grond in substraat, zoals steenwol, in potten en containers en andere substraathouders.

De voorschriften voor het lozen van drainwater voor de substraatteelt is opgenomen in artikel 3.66 tot en met 3.69 van § 3.5.1 van het Activiteitenbesluit en artikel 3.72 tot en met 3.76 van § 3.5.1 van de Activiteitenregeling.

In de oorspronkelijke tekst van het Activiteitenbesluit is een nota van toelichting en in de oorspronkelijke tekst van de Activiteitenregeling is een nota van toelichting opgenomen. Sinds het van kracht worden van deze voorschriften op 1 januari 2013, zijn er geen wijzigingen opgetreden.

#### Verboden en voorwaarden

Bij het lozen van drainwater moet:

- Een gietwatervoorziening aanwezig zijn;
- Drainwater worden hergebruikt met een recirculatiesysteem voor drainwater;
- Worden voldaan aan de emissienorm voor stikstof;
- Het te lozen drainwater kunnen worden bemonsterd.

Daarnaast geldt een meet- en registratieverplichting en moet jaarlijks een rapportage worden opgesteld.

#### Drainwater mag in het vuilwaterriool worden geloosd.

Lozen op oppervlaktewater is uitsluitend toegestaan als de capaciteit van het vuilwaterriool volledig is benut of als geen aansluiting op het vuilwaterriool of zuivering technisch werk aanwezig is en binnen 40 meter niet kan worden aangesloten. Als vanwege onvoldoende capaciteit van het vuilwaterriool ook wordt geloosd op oppervlaktewater geldt de voorkeursvolgorde voor lozen, waarbij eerst de meest vervuilende afvalwaterstromen op het vuilwaterriool worden geloosd.

Als drainwater in oppervlaktewater wordt geloosd vanaf een perceel dat voor 1 november 1994 niet voor het telen of kweken van gewassen in een kas werd gebruikt, kan het bevoegd gezag met maatwerkvoorschriften strengere eisen stellen aan het lozen. Dit gaat om "van gras naar glas"-situaties.

Het lozen op of in de bodem van drainwater is toegestaan als op 1 april 2002 een recirculatiesysteem via onderbemaling aanwezig was en aan de volgende voorwaarden is voldaan:





- Recirculatie plaatsvindt met een drainagestelsel met verzamelput en centrale opvang voor verwerking van drainwater;
- Een drainagekoker ligt op een diepte van maximaal 0,25 m boven de gemiddelde grondwaterstand;
- Een drainagekoker ligt op maximaal 1,25 meter onder maaiveld;
- Ten hoogste 10% van de totale hoeveelheid drainwater sijpelt naar de bodem;
- Door een deskundige is beoordeeld dat aan deze eisen wordt voldaan.

Het is verboden:

- Zonder maatwerkvoorschrift op grond van artikel 2.2 Activiteitenbesluit in in een hemelwaterriool te lozen.

### Gietwatervoorziening

Voor goed gietwater moet een hemelwateropvang ten minste 500 m<sup>3</sup> per ha teeltoppervlak aanwezig zijn of moet gebruik worden gemaakt van water met een natriumgehalte gelijkwaardig aan hemelwater. Het bevoegd gezag kan ontheffing verlenen voor deze eis als deze maatregel niet doelmatig is. Deze eis geldt niet als bij het lozen de hoeveelheid totaal stikstof niet meer bedraagt dan 25 kilogram. Deze eis geldt ook niet als het totale teeltoppervlak in kassen kleiner is dan 2.500 m<sup>2</sup>.

### Recirculatiesysteem

Een recirculatiesysteem voor drainwater moet aanwezig zijn en in gebruik. Dit is een voorziening voor het opvangen en transporteren van drainwater voor hergebruik. Het bevoegd gezag kan ontheffing verlenen voor deze eis als deze maatregel niet doelmatig is. Deze eis geldt niet als bij het lozen de hoeveelheid totaal stikstof niet meer bedraagt dan 25 kilogram. Deze eis geldt ook niet als het totale teeltoppervlak kleiner is dan 2.500 m<sup>2</sup>.

### Emissienorm stikstof

Voor het lozen van drainwater geldt een emissienorm voor stikstof die is uitgedrukt in kilogram per hectare teeltoppervlak per jaar. De per jaar geloosde hoeveelheid stikstof wordt berekend aan de hand van de jaarlijks geloosde hoeveelheid drainwater te vermenigvuldigen met het stikstofgehalte (nitraatstikstof en ammoniumstikstof) in het drainwater. Deze berekende hoeveelheid moet aan de emissienorm voldoen. De emissienormen zijn vermeld in onderstaande tabel. Deze emissienorm voor stikstof geldt niet als het totale teeltoppervlak kleiner is dan 2.500 m<sup>2</sup>.

Emissienorm stikstof		maximale hoeveelheid totaal stikstof (kg/jr/ha teeltoppervlak)		
		tot 2014	vanaf 2015	vanaf 2018
Cat 1	overige groenten	25	25	25
Cat 2	Anthurium, kuisplanten, perkplanten	50	33	25



Cat 3	orchidee (Cymbidium)	75	50	38
Cat 4	tulp, eenjarige zomerbloeiers	100	67	50
Cat 5	tomaat, kruiden	125	83	67
Cat 6	komkommer, potplant, uitgangsmateriaal sierteelt, overig sierteelt	150	100	75
Cat 7	aardbei, aubergine, paprika	200	133	100
Cat 8	gerbera, roos, uitgangsmateriaal groenten	250	167	125
Cat 9	Phalaenopsis, overige potorchidee	300	200	150

### Meet- en registratieplicht

Geregistreerd moet worden welke gewassen worden geteeld, het teeltoppervlak en de teeltperiode per gewas. Daarnaast moeten de volgende gegevens elke vier weken (start 1 januari) worden gemeten of berekend en geregistreerd:

- Geloosd drainwater in m<sup>3</sup>;
- Hoeveelheid toegediend voedingswater
- Gehalte aan nitraatstikstof, ammoniumstikstof, totaal fosfor, natrium in het drainwater.

Elke acht weken, start 1 januari en elke week in de weken 49 tot 52 moet de geleidingswaarde van het drainwater worden gemeten.

De gegevens moeten vijf jaar worden bewaard. Het meten van het geloosd drainwater en toegediend voedingswater moet plaatsvinden bij elk lozingspunt. De instrumenten die worden gebruikt voor het meten, mogen een meetonauwkeurigheid hebben van 10%. Voor het meten van de hoeveelheid drainwater moet een doelmatige volumemeter aanwezig zijn, die eenmaal per drie jaar op goede werking wordt gecontroleerd en wordt onderhouden door een deskundige. Een bewijs hiervan moet aanwezig zijn. Het bevoegd gezag kan met een maatwerkvoorschrift eisen stellen aan de verzegeling van de volumemeter.

Als zowel lozing op het vuilwaterriool als oppervlaktewater plaatsvindt, kan het bevoegd gezag via maatwerk een gescheiden registratie verplichten. De meet-, bereken- en registratieplicht is onafhankelijk van de vraag of er op een moment daadwerkelijk drainwater wordt geloosd. De verplichting geldt ook voor kleinere kassen (totale teeltoppervlak kleiner dan 2.500 m<sup>2</sup>). Als er structureel geen sprake is van lozen kan het bevoegd gezag ontheffing verlenen. Het bevoegd gezag kan met maatwerkvoorschriften eisen stellen aan het meten en registreren.



### **Jaarlijkse rapportage**

Elke jaar voor 1 mei moet een rapportage worden opgesteld. In deze rapportage moeten de hierboven genoemde geregistreerde gegevens die betrekking hebben op het voorgaande kalenderjaar zijn opgenomen. Vervolgens moet met deze gegevens het volgende worden berekend:

- De maximale toegestane hoeveelheid stikstof in het te lozen drainwater;
- De hoeveelheid totaal stikstof in het geloosde drainwater;
- De hoeveelheid totaal fosfor in het geloosde drainwater in kg per hectare teeltoppervlak.

De rapportage hoeft niet door een geaccepteerd deskundige te worden opgesteld. De teler mag dit ook zelf doen. De juistheid en volledigheid van de rapportage moet zijn geborgd. In de bijlage van de Activiteitenregeling is een model met toelichting opgenomen dat voor de rapportage moet worden gebruikt. Het bevoegd gezag kan met een maatwerkvoorschrift akkoord gaan met een andere wijze van rapporteren.

De rapportage van de emissiegegevens loopt via de Uitvoeringsorganisatie glastuinbouw en milieu (UO). Een bedrijf ontvangt van de gemeente of het waterschap het UO-nummer. Met dit nummer kan jaarlijks de rapportage aan de UO worden ingediend.

### **Controleaspecten**

- Wordt geloosd in vuilwaterriool, in oppervlaktewater of op of in de bodem?
- Is een gietwatervoorziening en een recirculatiesysteem aanwezig?
- Is bij lozen in of op de bodem een recirculatiesysteem via onderbemaling op 1 april 2002 aanwezig?
- Wordt bij lozen zowel in het vuilwaterriool als oppervlaktewater voldaan aan de voorkeursvolgorde van lozen?
- Wordt gegevens gemeten en geregistreerd?
- Wordt voldaan aan de emissienorm voor stikstof?
- Vindt jaarlijkse rapportage plaats?

Meer informatie over wet - en regelgeving o.a. P-emissie staat in de volgende internetsite.

<http://www.emissieregistratie.nl/ERPUBLIEK/documenten/Water/Factsheets/Nederlands/Glastuinbouw.pdf>

### **Vraag**

Wat is voor jouw gewas de P-emissienorm?

## **5.2 First flush**

Een first-flush voorziening vangt het eerste water van een regenbui op na een droge periode. In het water van het kasdek of uit de regengoot kan condenswater (water dat door condensvorming ontstaat aan de binnenzijde van de kas) zitten dat vervuild is met resten van bestrijdingsmiddelen.

### **Verwerking van afvalwater in de glastuinbouw | juli 2009**

Om het water in sloten en plassen schoon te houden, gelden er regels voor het afvoeren van afvalwater. Als eigenaar of beheerder van een glastuinbouwbedrijf moet u zich houden aan de regels uit de keur van Waterschap Rivierenland en uit het Besluit glastuinbouw. In dit informatieblad staat hoe u dit kunt doen en waar het waterschap op let bij controle. Als u bezig bent met nieuwbouw of uitbreiding van uw bedrijf is de



informatie over waterkwaliteit én waterkwantiteit voor u van belang. Hebt u een bestaand glastuinbouwbedrijf en bent u niet van plan dit uit te breiden, dan is alleen de informatie over waterkwaliteit van belang.

### **Waterkwaliteit**

Deze regels gelden voor nieuwbouw en voor bestaande glastuinbouwbedrijven. 'Schone' afvalwaterstromen die u op het oppervlaktewater mag lozen, zijn:

- Koelwater. Dit is toegestaan als het oppervlaktewater niet zichtbaar verontreinigd wordt.
- Drainagewater dat vrijkomt bij substraatteelt. Dit is niet verontreinigd en mag op oppervlaktewater geloosd worden. Als drainagewater vrijkomt bij grondgebonden teelt, moet u dit zoveel mogelijk hergebruiken. Het mag dan alleen onder bepaalde voorwaarden op oppervlaktewater worden geloosd.
- Reinigingswater dat vrijkomt bij het reinigen van de buitenzijde van de kas. Dit mag op het oppervlaktewater geloosd worden als het geen zichtbare verontreiniging veroorzaakt.
- Spuiwater van de ketel dat vrijkomt bij het grond stomen. Dit water mag niet warmer dan 30° C zijn.
- Hemelwater afkomstig van o.a. straatkolken en dockshelters.

Afvalwaterstromen die u op de riolering moet lozen:

- Huishoudelijk afvalwater (afkomstig van o.a. kantines, toiletten en schrobwater van vloeren) en het afvalwater afkomstig van de (bedrijfs)woning.
- Spoelwater van filters, brijn.
- Terugspoelwater (afvalwater) van de ontijzing.
- Afvalwater met bloemvoorbehandelingsmiddelen.
- Uitlekwater van substraatafval.
- Naspoelwater van in de kas geteelde groentegewassen.
- Reinigingswater van o.a. druppelaars, leidingen en slangen.
- Spoelwater van fusten.
- Spuiwater dat vrijkomt bij substraatteelt.

Dit moet u op de riolering lozen, als de zoutconcentratie zo hoog is dat het schade aan het gewas veroorzaakt. Wilt u weten boven welke zoutconcentratie dit het geval is voor uw gewas, dan kunt u contact opnemen met het waterschap.

- Drainwater dat vrijkomt bij substraatteelt.

Dit mag u op de riolering lozen als de totale lozing van stikstof per jaar niet meer dan 25 kg/ha teeltoppervlak bedraagt. Is de lozing hoger, dan moet (extra) recirculatie plaats vinden.

- Drainagewater uit de grondgebonden teelt. U moet het drainagewater zoveel mogelijk hergebruiken, voordat de reststroom op de riolering wordt geloosd. Voor het lozen van spui- drain- of drainagewater is een literteller verplicht. Ook moet eens per drie maanden een monster van het geloosde water geanalyseerd worden op stikstof (NH<sub>4</sub> en NO<sub>3</sub>) en fosfor (P).

Afvalwater dat u niet op de riolering of op het oppervlaktewater mag lozen:



- Afvalwater dat verontreinigd kan zijn met gewasbeschermingsmiddelen.
- Condenswater uit de condensgootjes aan de binnenzijde van uw kas.

Dit moet u volledig hergebruiken.

- Afvalwater dat vrij kan komen in of bij de opslag of aanmaakruimte van meststoffen of gewasbeschermingsmiddelen.

## Regels en tips

### Meet- en registratieverplichting

In het Besluit glastuinbouw is een meet- en registratieverplichting opgenomen. Dit houdt het volgende in: loost u spuiwater, drainwater of drainagewater op de riolering of oppervlaktewater, dan registreert u per periode van vier weken het volume van het geloosde water. Ook laat u het geloosde spuiwater, drainwater of drainagewater eenmaal per dertien weken analyseren op stikstof- en fosforverbindingen. Dit hoeft alleen als er in deze periode ook daadwerkelijk geloosd is.

### Rapportage aan de Uitvoeringsorganisatie (UO)

Jaarlijks, vóór 1 mei, laat u het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen, meststoffen en energie samen met de lozingsgegevens van spui- drain- en drainagewater over het voorgaande jaar rapporteren aan de UO. Alleen een 'geaccepteerde' deskundige mag de gegevens aan de UO rapporteren. Een lijst van geaccepteerde deskundigen kunt u vinden op [www.glami.nl](http://www.glami.nl) onder UO. In opdracht van de tuinder stelt deze deskundige een jaarrapportage op die aan de wettelijke eisen voldoet. Als basis voor dit document geldt het logboek. In het logboek noteert u iedere vier weken het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen, meststoffen en energie. Het logboek ligt ter inzage op uw bedrijf.

### Waterkwantiteit

Deze informatie is alleen van belang voor nieuwbouw of voor bedrijven die uitbreiden. Om wateroverlast zoveel mogelijk te voorkomen wordt in heel Nederland ruimte voor water gecreëerd. Dit is vooral belangrijk op plaatsen waar gebouwd wordt (aanleg van stedelijk gebied, industrieterreinen, kassen, schuren e.d.). Meer ruimte voor water zorgt ervoor dat het water minder snel afgevoerd hoeft te worden. Daardoor voorkomen we dat laaggelegen gebieden in korte tijd te veel water te verwerken krijgen. Gaat u een kas bouwen of uitbreiden, dan moet u zorgen voor compensatieruimte voor water. Dit kan door aanleg van open water of door compensatie in een silo of bassin. Waterschap Rivierenland geeft de voorkeur aan de aanleg van open water. Dit neemt voor de glastuinbouwsector echter veel kostbare ruimte in beslag. Daarom is speciaal voor de glastuinbouw een speciale regel ingesteld: per hectare glas wordt op z'n minst 580 m<sup>3</sup>/ha compensatieruimte gecreëerd. Hiervan bestaat minimaal 25%, dat is dus 145 m<sup>3</sup>/ha, uit open water (o.a sloten en vijvers). De overige 435 m<sup>3</sup>/ha mogen in een bassin of silo worden gecompenseerd. Dit water loopt vertraagd weg naar het oppervlaktewater, via een afvoerpijp waardoor maximaal 1,5 liter per seconde kan wegstromen.

De onderste 500 m<sup>3</sup>/ha gebruikt u als gietwater in de kas. Voor de inrichting van de compensatieruimte heeft u ontheffing nodig van het waterschap. Wilt u een ontheffing aanvragen, dan kunt u contact opnemen met het waterschap.



## Vragen

Heeft u vragen over de verwerking van afvalwater of over het compensatiebeleid, dan kunt u contact opnemen met de afdeling Handhaving van het waterschap, telefoon (0344) 64 90 90.

## Aanleg goed-gietwatervoorziening (bassin of silo).

Een goed-gietwatervoorziening met een inhoud van minimaal 500 m<sup>3</sup>/ha moet als eerste gietwaterbron voor het te telen gewas worden gebruikt. De aanleg van een dergelijke opvangvoorziening is verplicht bij nieuwbouw, en vanaf 1 januari 2010 ook voor bestaande bedrijven, zowel bij substraatteelt als bij grondgebonden teelt. Is de kwaliteit van het gietwater vergelijkbaar met de kwaliteit van hemelwater (het gietwater moet dan een natriumconcentratie lager dan 0,5 mmol/l (=11,5 mg/l) hebben) dan is deze voorziening niet verplicht.

## First flush installatie

Vanaf 1 januari 2010 is een first flush installatie verplicht als in bepaalde kassen gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt. Het betreft kassen met een kasdek dat niet vierzijdig opgelegd is, en dus niet condenswaterdicht. De opvangcapaciteit van het bassin moet 5m<sup>3</sup>/ha zijn bij dagelijkse watergift. Bij niet dagelijks watergeven moet de opslagcapaciteit 30m<sup>3</sup>/ha zijn. U gebruikt het water uit dit bassin altijd als eerste gietwater. Op het bassin zelf mag geen overloop zitten. De overloop moet altijd voor het bassin zitten. 435 m<sup>3</sup>/ha (compensatie) 500 m<sup>3</sup>/ha goed-gietwatervoorziening 1,5L/sec.

Verwerking van afvalwater in de glastuinbouw | juli 2009

## Opdracht

Teken schematische een first flush voorziening bij een glastuinbouwbedrijf. Denk aan de geschikte diameter van alle PVC leidingen, bochten en knieën.

Woordenschat glastuinbouw, zie internetsite <http://www.hortinfo.nl/horti-index/>

## First flush ↔ spui

Ook de glastuinbouw wordt tegenwoordig geconfronteerd met de nitraat en in mindere mate fosfaatproblematiek en zal de nodige inspanningen moeten leveren om de Europese richtlijn te halen. In dit kader is het voordeliger om de spui te vermijden dan om deze te moeten afzetten op grasland. Het installeren van een bezinkput en het voorzien van een voldoende grote drainopslag zijn al een grote stap in de goede richting.

## Problematiek

Sinds de invoering van de nitraatrichtlijn in 1991, worden er heel wat inspanningen geleverd om het nitraatgehalte in de waterlopen te reduceren. De meetpunten waar het nitraatgehalte gemeten wordt in de waterlopen worden MAP-meetpunten genoemd. Dit zijn meetlocaties die zodanig gekozen zijn dat er geen beïnvloeding zijn van andere sectoren dan de land- of tuinbouw. Ondanks alle inspanningen meet men toch nog op 28% van de MAP-meetpunten een nitraatgehalte boven de maximale norm van 50 mg/liter. Tegen 2018 moet het aantal overschrijdingen gereduceerd worden tot slechts 5%. Omdat ook de glastuinbouw in sommige gevallen hiervoor medeverantwoordelijk is, werd in 2012 het ADLO-demonstratieproject 'Telen zonder spui in de glastuinbouw' gestart. Dit project beoogt de tuinbouwers hulpmiddelen aan te bieden om hun spuistroom te verminderen.



### **Wat is spui?**

Spuistroom is nutriëntenrijk water dat niet meer hergebruikt wordt binnen de teelt maar wordt geloosd. In de glastuinbouw kan spuiwater ontstaan door:

- Spoelen van filters
- Overloop van bassins
- Reinigen van leidingen en putten
- Lozen van drainwater (wegens aanwezigheid van ongewenste stoffen vanuit substraat, water of meststoffen of lekkages)
- (drainagewater)

### **Spui vermijden**

Voor de teelt van vruchtgroenten en sierteeltgewassen is recirculatie reeds vrij sterk ingeburgerd. Recirculatie maakt het theoretisch mogelijk om op het bedrijf een volledig gesloten waterkringloop te vormen en zo spui te vermijden. Hieronder geven we enkele nuttige richtlijnen om de theorie in praktijk te brengen:

Een noodzakelijke investering is een bezinkput voor het spoelwater van de filters. Doordat dit nutriëntrijk water opnieuw kan worden gebruikt wordt er niet enkel spui vermeden, maar wordt er ook bespaard op meststoffen. Zorg ook voor een voldoende grote opslagruimte voor het drainwater, want zo wordt vermeden dat er geloosd moet worden wanneer deze opslagruimte vol zit.

Het eerste drainwater ('first flush') wordt soms nog geloosd. Dit is nog een gewoonte van vroeger toen de matten soms nog fytotoxische stoffen konden bevatten. De huidige steenwolmatten zijn echter vrij van deze stoffen en het eerste drainwater kan dus ook al gebruikt worden in de teelt. Bij kokosmatten kan het troebele eerste drainwater wel een verminderde werking van de UV-filter veroorzaken.

Om het lozen wegens opstapeling van ongewenste nutriënten in het voedingswater te vermijden is goed uitgangswater een must. Daarom is een goede dimensionering van het regenwaterbassin van groot belang (zie onder).

Bij de teeltwissel stellen telers vaak vast dat leidingen en druppelslangen verontreinigd zijn. Reinigen met salpeterzuur wordt hierbij afgeraden omdat dit product zich in water nagenoeg volledig opsplijt in nitraat. Alternatieve reinigingsmiddelen zoals natriumhypochloriet en waterstofperoxide zijn hier veeleer op hun plaats. Er bestaan ook middelen om de leidingen doorheen het jaar permanent schoon te houden, bv. ECA water.

Controleer ook regelmatig je systeem op lekken en je plasticfolie op scheuren om doorsijpeling in de bodem en aanrijking van het drainagewater te voorkomen.

### **Op verantwoorde manier omgaan met spui.**

Is het volledig vermijden van spui om één of andere reden niet haalbaar, dan is het belangrijk ervoor te zorgen dat de hoeveelheid spui zo beperkt mogelijk wordt gehouden, of wordt verwijderd op een ecologisch verantwoorde manier. Zo kan het gebruik van een SAF-filter de hoeveelheid spoelwater aanzienlijk gaan verminderen.





Het spuiwater dat niet voldoet aan de lozingsnormen kan afgezet worden op grasland. Dit afzetten kan gebeuren door uitrijden door een loonwerker of, op nabijgelegen percelen, via een sproeierinstallatie. Bij frequente spuistroomproductie wordt dit echter al gauw een kostelijke zaak. Occasionele spui uitrijden is wel haalbaar. Voor welke optie je het beste kiest, is echter per bedrijf te bepalen. Er moet wel rekening gehouden worden met de uitvoerregeling van meststoffen, zodat een voldoende grote opslagcapaciteit voorzien moet worden.

Tijdens het project is ook gezocht naar manieren om de lozingsnormen te halen. Hogeschool Thomas More (Mechelen) heeft hiervoor een pilootinstallatie gebouwd gebaseerd op de technieken die ook gebruikt worden voor waterzuivering. Met de denitrificatie- en fosfaatfilter is het al mogelijk om de nitraatnorm (<50 ppm) te halen, maar de fosfaatnorm (< 1 ppm) wordt voorlopig net niet gehaald. Er wordt nog gezocht naar een bedrijf dat de installatie wil commercialiseren.

#### **Berekenen gewenst volume hemelwaterbassin.**

Zoals hierboven vermeld is het noodzakelijk om voldoende uitgangswater te hebben van hoge kwaliteit. Voor de dimensionering van het bassin baseert men zich voornamelijk op de tabellen uit Nederland van Van Woerden (2001). Het was echter onduidelijk hoe deze tabellen waren opgesteld en of deze tabellen nog actueel waren. Daarom werd beslist om deze tabellen te herberekenen.

In het kader van dit project komt binnen enkele weken een brochure uit met alle resultaten en praktische tips. Ook de rekentool voor de berekening van het gewenste volume voor het hemelwaterbassin zal binnenkort online beschikbaar zijn, o.a. via [www.inagro.be](http://www.inagro.be)

#### **Vragen**

Welk soort ionophoping is zeer vaak de oorzaak van spuien van drainwater?

Wat is de actuele ontwikkeling voor het verminderen van het spuivolume?

Welk water is minder belastend voor het milieu: first flush of spui? Waarom?

### **5.3 Brijnproblematiek & terugpompen zout water**

#### **Brijn**

"Brijn" betekent zoiets als: alles wat tot de zee behoort. Brijn zou weer afgeleid zijn van het Engelse "Brine" wat op zeewater, de branding en/of pekel slaat.

#### **Lozen brijn**

De activiteit omvat het lozen van afvalwater dat ontstaat bij het zuiveren van water door omgekeerde osmose of ionenwisselaars. Na het zuiveren resteert water met een hoog gehalte aan zouten. Dit afvalwater wordt brijn genoemd.

#### **Vindplaats**

Het voorschrift voor het lozen van afvalwater afkomstig van het zuiveren van water door omgekeerde osmose of ionenwisselaars is opgenomen in artikel 3.90 van § 3.5.4 van het Activiteitenbesluit.

Overgangsrecht is opgenomen in artikel 6.24o.

In de oorspronkelijke tekst van het Activiteitenbesluit is een nota van toelichting opgenomen. Sinds het van kracht worden van deze voorschriften per 1 januari 2013, is met het reparatiebesluit 2014 bepaald dat



voorschriften gelden voor alle waterbehandeling voor agrarische activiteiten en niet alleen gietwatervoorziening.

### **Verboden en voorwaarden**

Het lozen van brijn op oppervlaktewater is toegestaan als aan de lozingseisen wordt voldaan:

- Ten hoogste 200 mg/l chloride
- Ten hoogste 2 mg/l ijzer
- Ten hoogste 15 mg/l organische stof

Het bevoegd gezag kan op grond van artikel 3.90, lid 5 met maatwerkvoorschriften of via een gemeentelijke verordening hogere gehalten toestaan.

Het is verboden:

- Zonder maatwerkvoorschrift op grond van artikel 3.90 lid 3 Activiteitenbesluit in het vuilwaterriool te lozen;
- Zonder maatwerkvoorschrift op grond van artikel 2.2 Activiteitenbesluit op of in de bodem te lozen;
- Zonder maatwerkvoorschrift op grond van artikel 2.2 Activiteitenbesluit in een hemelwaterriool te lozen.

Als een bedrijf, met een gietwatervoorziening van ten minste 500 m<sup>3</sup>, op 1 januari 2013 een ontheffing had voor het lozen in of op de bodem van afvalwater afkomstig van het zuiveren van water door omgekeerde osmose geldt deze ontheffing als maatwerkvoorschrift tot 1 juli 2022. Het streven is om op termijn het lozen van brijn in de bodem te beëindigen. Zie voor meer informatie hierover: goed gietwater glastuinbouw.

### **Controleaspecten**

- Wordt brijn geloosd op oppervlaktewater en wordt voldaan aan de lozingseisen?
- Wordt op de bodem geloosd en geldt op grond van overgangsrecht een maatwerkvoorschrift voor het lozen op de bodem?

Op het internet in de folder 'Streng Brijnbeleid - Zuid Holland' staat de actuele wet - en regelgeving voor de vermindering tot beëindiging van lozing van brijn in de bodem. Deze folder helpt bij het verkrijgen van ontheffing, zodat brijn geloosd kan worden.

### **Opdracht**

Maak een relevante samenvatting van de tekst in de folder, alsof je kweker bent.



## Hoofdstuk 6. Weegtechnieken watergift

In de presentatie: <http://edepot.wur.nl/192872> staan drie methoden met de voor - en nadelen van weegtechnieken. Een weegtechniek is een methode voor de juiste regelmatige watergift aan planten in een kasklimaat.

### **Proef - bepaling van wateropname door een plant**

Bedenk zelf een opstelling m.b.v. een weegschaal en/of een vochtsensor. Kies een soort kamerplant voor deze proef. Noteer dagelijks jouw waarnemingen.

Verwerk de waarnemingen in een tabel. Maak met tabelgegevens een grafiek. Schrijf een toelichting op de verkregen eindresultaten. Trek een conclusie.

Verwerk uiteindelijk alle inzet, resultaten en informatie in een keurig meetrapport. Een meetrapport bestaat achtereenvolgens uit:

Titel - Doel - Inleiding - Werkwijze o.a. opstelling - Meetgegevens - Resultaten o.a. tabel(len) en grafiek(en) - Toelichting - Conclusie.



## Hoofdstuk 7. Brandveiligheidseisen schermdoek

### 7.1. Kennis van brandveiligheid en brandveiligheidseisen



Fig. 111

Brand is nog steeds één van de grootste risico's waar de tuinbouwondernemer mee geconfronteerd kan worden. Het schermdoek zorgt er voor dat de hele kas snel in lichterlaaie staat. Een enorme schadepost is het gevolg. Welke maatregelen moet u nemen voor een brandveilig bedrijf?

Met de ontwikkelingen in de tuinbouw van de laatste jaren, zoals meer belichten en meer schermgebruik om energie te besparen of de lichtuitstoot te beperken, sluipen er meer brandrisico's in de teeltbedrijven. Het schermdoek zal nooit zelf ontbranden, maar is wel een snelle verspreider als er een ontstekingsbron bij komt. Een beginnende brand in een (kunststof) armatuur, in een voorschakelapparatuur of verdeelkast van een belichtingssysteem, maar ook in bekabeling, kan het gesloten schermdoek van polyethyleen (PE) of polyester (PET) ontsteken. Vooral polyethyleen doeken zijn zeer brandbaar, waardoor de brand zich snel zal ontwikkelen en verder over het bedrijf zal verspreiden. Verzekeringsmaatschappij Interpolis besteedt daarom al meer dan een jaar aandacht aan deze problematiek en vooral aan de omvang van de schade. Deze verzekeraar wil het risico beheersbaar houden door van telers een andere inrichting (meer afstand) of het gebruik van andere materialen te eisen. De voortdurende toename van brandschade in de afgelopen jaren moet volgens Interpolis worden beperkt. Alleen dan is de brandpremie op een acceptabel niveau te houden. Behalve de verzekering van de directe brandschade gaat het deze verzekeraar ook om de veiligheid van het personeel, want een brand ontwikkelt zich zeer snel.



1	Grootte kas	< 1 Ha (1 pt)	tussen 1 en 3 Ha (3 pt)	> 3 ha (5 pt)
2	Kasdek	Glas (1 pt)	Geen flashover bv Polycarbonaat (3 pt)	Flashover bv PMMA (5 pt)
3	Belichting	Geen assymetrischebelichting (1 pt)	Viel assymetrischebelichting (5 pt)	
4	Overige brandbare zaken	Geen (1 pt)	Viel, te denken valt aan EPS teeltbakken, loofolie, etc. (5 pt)	
5	Waarde teelt en kas	Laag (1 pt)	gemiddeld (3 pt)	hoog (5 pt)
Totaalscore		..... (tel de punten behorend bij uw antwoorden op)		
<b>Risicobeoordeling:</b>				
< 5 punten Uw kas heeft een laag brandrisico		tussen 5 en 10 punten Uw kas heeft een gemiddeld brandrisico. Gebruik van een FireBreak scherm wordt aanbevolen		> 10 punten U heeft een kas met een hoog brandrisico. Gebruik van een Firebreak of een Revolux scherm wordt aanbevolen

Fig. 112

### Beoordeling brandveiligheid kas

Om als teler te kunnen beoordelen hoe brand(on)veilig de kas is, kan een eenvoudige test gedaan worden. Beantwoord de vijf vragen uit het schema; kies één antwoord per vraag en tel het bijbehorende aantal punten bij elkaar op. De totaalscore geeft een indicatie in welke risicocategorie de kas valt, die de keuze voor een bepaald type schermdoek aangeeft. Bij de risicobeoordeling tekent Interpolis aan dat de keuze voor een bepaald schermdoek onder meer wordt bepaald door het type gebruikte belichtingsarmaturen en de gehanteerde afstand tussen de lamp en het schermdoek. Daarnaast beveelt de verzekeringsmaatschappij het XLS Firebreak schermdoek niet aan bij een kunststofdek; het schermdoek moet dan volledig brand remmend zijn.

Meer informatie over brandgevaar vanuit een schermdoek in de glastuinbouw is te lezen in het volgende artikel: <http://edepot.wur.nl/13401>

### Kwaliteit schermdoeken

Het risico van brand in kassen is volgens Interpolis zodanig groot dat er nu duidelijke richtlijnen zijn opgesteld voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw. Om het risico van een schermbrand te verlagen is een veilige afstand tussen schermdoek en de belichtingsarmaturen noodzakelijk. In de tabel is te zien dat de minimale afstand tussen een doek en gesloten metalen armatuur of lamp en reflector (Remote system) minimaal 20 cm moet zijn. Bij een niet gesloten of kunststof armatuur loopt de vereiste afstand tussen een standaard scherm (PE of PET) al op naar respectievelijk 45 en 100 cm. Omdat die tussenruimte

niet altijd realiseerbaar is in de kas, kan de afstand met een volledig brand remmend schermdoek (bijvoorbeeld Revolux) teruggebracht worden naar 20 cm. In situaties met een zeer hoog brandrisico, bijvoorbeeld met kunststof dakplaten, of een ruimte waar veel personeel aanwezig is, die veilig moet kunnen wegvluchten, is een brand remmend doek vereist.

### Compartmenteren

De brandveiligheid kan verder verbeterd worden door de kas te compartimenteren:



Het aanbrengen van een brandwerende scheiding. Door middel van banen brand remmend doek kunnen ruimten of afdelingen van elkaar worden gescheiden. Op die manier voorkomt de teler dat een brand zich over het hele bedrijf kan uitbreiden. Sinds november van het afgelopen jaar is er een schermdoek op de markt waar al stroken brand remmend schermdoek in zijn verwerkt, het zogenaamde XLS Firebreak. Van iedere baan zijn de buitenste stroken (40 cm) van dit schermdoek uitgevoerd in firebreak-bandjes. In gesloten toestand van het scherm geeft dit een 80 cm brede brand remmende strook. De eigenschappen van deze bandjes zijn, behalve brand remmend, niet anders dan de XLS-bandjes van het doek. Met dit iets duurere doek wordt het overslaan van de brand enorm beperkt. In de vele proefnemingen die Svensson heeft laten uitvoeren, is het niet gelukt om vanuit de middelste baan de brand naar buiten uit te laten breiden. Door de brand remmende stroken beperkt een brand zich tot één baan doek, mits het vuur niet via bijvoorbeeld het gevelschem kan overlopen. Doek dat in de zijgevel gebruikt wordt, moet dus ook geheel brand remmend zijn. Het uitslaan van de brand hangt dan niet meer af van het scherm, maar van andere brandbare materialen in de kas zoals een kunststofdek, kunststof teelttafels en tempex (in diverse toepassingen).

### **Geen 'flash-over'**

De keuze van het schermdoek is ook belangrijk om het brandrisico te beperken, omdat veel branden 's nachts uitbreken wanneer niemand aanwezig is om het op te merken. Bij Firebreak doek kruipt de brand dan maar langzaam verder en blijft de zogenaamde 'flash-over' uit. Bij vooral PE-schermen is de ontwikkeling van de brand zodanig snel dat de brandweer het door de enorme warmteontwikkeling niet meer kan blussen en het uit moeten laten branden. Met een Firebreak scherm wordt dat punt niet bereikt en kan de brandweer er goed bij komen om de brand snel te blussen. Dat betekent ook relatief weinig schade aan gewas en kas, maar meestal ook weinig persoonlijk letsel. Svensson is bezig om het hele XLS-programma in firebreak uit te voeren.

### **Instructies voor brand blussen**

Op veel bedrijven zijn er geen instructies voor het personeel wat te doen bij het ontstaan van een brand en/of ontbreken de juiste blusmiddelen. Bij het ontdekken van een brand in een vroeg stadium zou het mogelijk moeten zijn om met één druk op een knop het gesloten scherm snel open te laten lopen. Want als het scherm op het pakket zit, verloopt de verspreiding van de brand minder snel. Maar een noodbedieningsknop op de schakelkast in de kas ontbreekt daarvoor. Bij nieuwbouw of aanleg van een scherminstallatie is dat toch eenvoudig te realiseren. In de kas zelf zijn meestal ook geen blusmiddelen voorhanden. Met de huidige handbrandblussers gevuld met sproeischuim kan niet op hoogte geblust worden.

Een leverancier van brandblusmiddelen gaat nu op verzoek van Interpolis een brandblusser met een verlengde bluslans fabriceren. Bovendien moet de juiste brandblusapparatuur, die normaal alleen bij de ingangdeur van het bedrijf hangt, ook op een centrale plaats in de kassen hangen. De verzekeringsmaatschappij denkt daarbij aan één brandblusser per 2 ha.

### **Samenvatting**

Brandveiligheid moet een onderdeel zijn van het bedrijfsplan. De basis van een brandveilig bedrijf begint met een veilige afstand tussen schermdoek en belichtingsarmatuur. Een (gedeelte) brand remmend schermdoek verkleint de kans dat een beginnende brand leidt tot het totaal verloren gaan van het bedrijf.



## 7.2 Brandveiligheidseisen assimilatiebelichting

### Brand in elektrische installaties

Het gevaar van brand in of door een elektrische installatie is natuurlijk voor iedereen en overal aanwezig. De glastuinbouw is hierop helaas geen uitzondering. Kortsluiting, overbelasting, loszittende elektrische contacten en niet of niet voldoende werkende beveiligingen zijn enkele voorbeelden van de oorzaak van brand. Regelmatig onderhoud en inspecties zijn maatregelen die genomen worden om de risico's van het ontstaan van brand te minimaliseren. Daarnaast is er een toenemend gebruik van niet / moeilijk brandbare materialen en andere brandpreventie maatregelen.

### Kunststof armaturen.

Assimilatiebelichtingsarmaturen met een kunststof behuizing worden tegenwoordig niet meer geleverd. Zij zijn echter nog in veel kassen gemonteerd en worden, vanwege hun kunststofbehuizing, door de verzekeringsmaatschappij als een verhoogd risico gekenmerkt. Re-Vision heeft op basis van haar ervaring en kennis van armaturen een speciale veiligheidsvoorziening ontwikkeld voor toepassing in de bestaande Philips armaturen van het type SGR140-160. Hierbij is ervoor gezorgd dat de bestaande elektrische classificatie (Klasse II) niet gewijzigd wordt.

### Brandschild voor SGR140-160.

Dit metalen brandschild wordt geplaatst in het bovendeel van het armatuur en vervolgens afgesloten met de normale afdekkap van het armatuur. Hierbij blijft het armatuur in de installatie aangesloten. Aan drie zijden wordt het kunststof afgeschermd van een mogelijke brandhaard. Uitgebreide temperatuurmetingen zijn gedaan om te controleren of de elektrische componenten binnen hun specificatie blijven. Hiervoor, en voor de juiste bescherming van het metaal, wordt een techniek gebruikt afkomstig uit de automobielindustrie.

### Brandschild in combinatie met condensatorrek.

Door gebruik te maken van het condensatorrek heeft u de mogelijkheid om in de Philips armaturen SGR140-160 het aantal condensatoren te verminderen naar één condensator per armatuur. Hierdoor neemt ook het aantal verbindingen (storingsbron) af. Bovendien is hierbij de montagerichting gedraaid waardoor, als de beveiliging van de condensator aangesproken wordt, deze springt in de richting van de brandkap. Een extra verhoging van de brandveiligheid. Zeker als een schermdoek gebruikt wordt dat op korte afstand van het armatuur gemonteerd is.

### Opdracht

Lees de bovenstaande tekst. Controleer de scherm - én/of belichtingsinstallatie in een glastuinbouwbedrijf naar keuze op de brandveiligheid. Beoordeel jouw inspectie met een cijfer én toelichting.



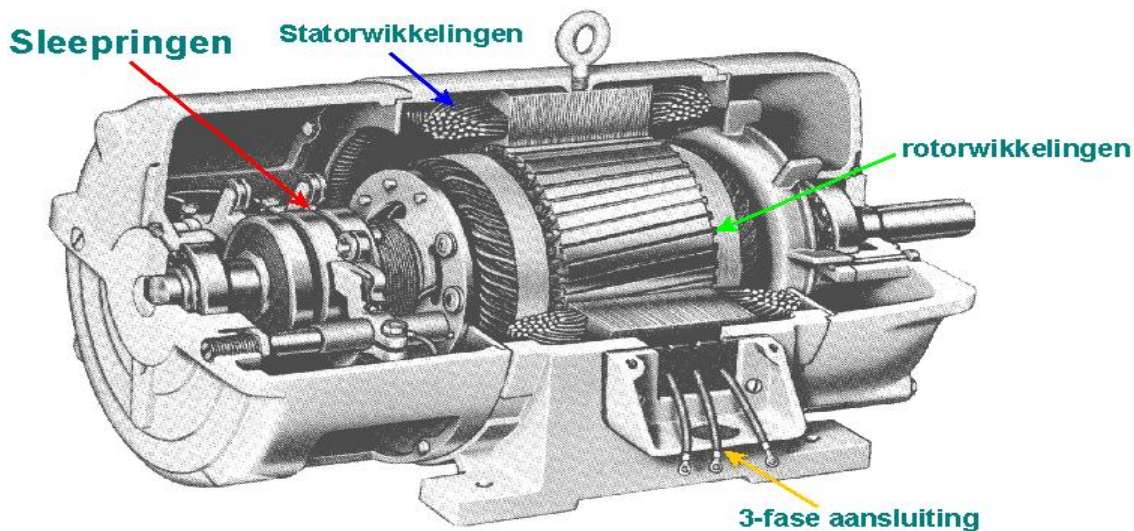


## Hoofdstuk 8. Elektromotor

### 8.1 Berekenen elektromotorvermogen

In deze opdracht ga je stap voor stap berekenen hoeveel % elektromotorvermogen wordt gebruikt voor het openen van luchtramen.

## Opbouw asynchrone motor



Mechatronics E.A.F 2000 Ch. 6

Sheet 9

Fig. 113 Opbouw asynchrone motor

- Welke twee bekende merken luchtmotor worden gebruikt in nieuw gebouwde kassen?
- Waarvoor dienen slepringen?
- Wat is het materiaal van de wikkelingen?



Fig. 114

Je gaat een elektromotor bestuderen van de luchting van een kas. Deze elektromotor zorgt voor het openen en dichtgaan van luchtramen. Bij het openen van de luchtramen moet de zwaartekracht worden overwonnen.



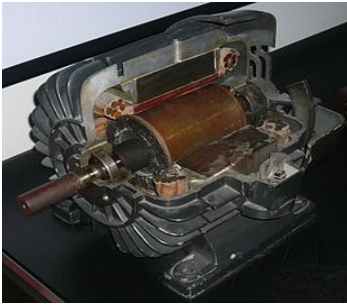


Fig. 115

In de elektromotor wordt elektrische energie omgezet in bewegingsenergie. Elektrische stroom wordt omgezet in een draaiende beweging. Dit gebeurt met gebruik van magnetisme inwendig in de motor. De elektrische 'krachtstroom' is wisselstroom d.w.z. vier stroomdraden gaan in de motor. Eén draad is de aarde (0 V) Eén draad is de eerste fase (230 V). Eén draad is de tweede fase (230 V) en één draad is de derde fase (230 V). De som van alle aanwezige spanning is  $\sqrt{2} \times 230 = 400 \text{ V}$ .

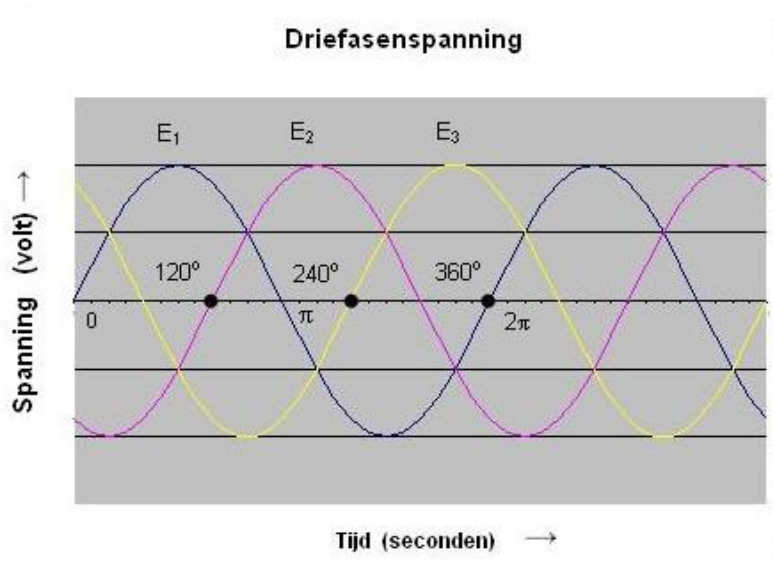


Fig. 116

De elektrische stroom is in sterschakeling.

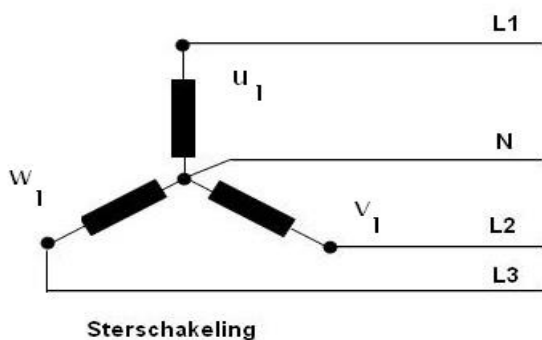


Fig. 117



Vanwege 3 wisselstromen in sterschakeling wordt een rotor in de elektromotor steeds voort 'geduwd', waardoor een draaiende beweging ontstaat. Dit duwen gebeurt met gebruik van magnetisme. Dit fenomeen wordt zichtbaar in de volgende korte film.

## 8.2 Magnetisme

<http://www.walter-fendt.de> – magnetisme

Een permanente magneet (een mengsel metalen) heeft altijd een magnetisch veld. Magnetisme begint met een wisselstroom door een koperdraad, waardoor rondom de draad een magnetisch veld ontstaat. Een metaal in een magnetisch veld wordt dan ook magnetisch d.w.z. in het metaal ontstaat een noordpool en een zuidpool. Dit is te danken aan de ordening van de gebiedjes van Weiss (zie figuur 118).

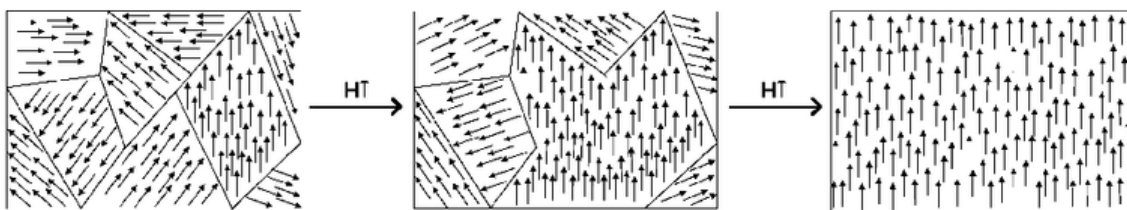


Fig. 118

De pijltjes in het metaal wijzen van de zuidpool naar de noordpool. Dus buiten het metaal lopen de pijltjes van de noordpool naar de zuidpool. Dus tussen twee magneten lopen de pijltjes van de noordpool van de ene magneet naar de zuidpool van de andere magneet.

Bij een elektrische stroomrichting van links naar rechts of van onder naar boven of van + naar - door een koperdraad gaat het pijltje in een magnetische veldlijn tegen de wijzers van de klok in, met het verkeer mee op een rotunde. Hierbij kun je gebruik maken van je rechterhand om de richting van de veldlijnen te weten te komen (simulatie Walter Fendt).

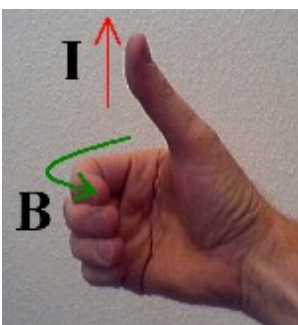


Fig. 119

Deze veldlijnen zorgen in een elektromotor voor een Lorentzkracht. De stroom door de wikkeling (veel draden verstrengeld rondom een metaal) bepaalt de richting van de veldlijnen en is weer bepalend voor de (Lorentz)kracht van de motor. Deze kracht resulteert in de draaiende beweging van de rotor van de elektromotor (simulatie Walter Fendt).



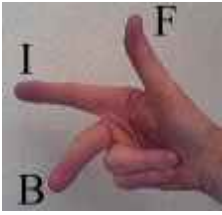


Fig. 120

Wat betreft het magnetisme, is de wisselstroom is de basis voor de draaiende beweging van de rotor binnen de stator (permanente magneten). De frequentie van de wisselstroom bepaalt grotendeels het toerental van de motor (hoe hoger, hoe sneller). Het aantal permanente magneten is in mindere mate bepalend voor het toerental (hoe meer, hoe langzamer). <http://www.youtube.com> – asynchrone elektromotor magnetisme, werking elektromotor

### 8.3 Vermogensberekening

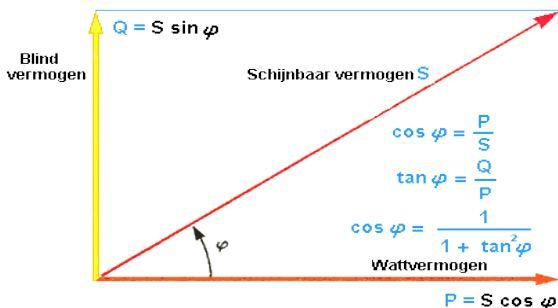
In een glastuinbouwbedrijf zijn veel elektromotoren aanwezig. Tel op een zelf gekozen bedrijf het aantal elektromotoren.

Je gaat nu de elektromotor van een luchtinstallatie van dichtbij bekijken. Dus klim omhoog in de kas richting een luchtmotor. Maak een foto van het plaatje met gegevens over deze motor. Noem 5 eigenschappen van de motor: spanning, elektrische stroom, elektrisch vermogen, stroomrendement (cosinus  $\varphi$ ), frequentie wisselstroom, toerental motor, type motor, serie nummer.

Van de toegevoerde stroom wordt helaas niet alle stroom benut voor de draaiende beweging. Zo is een gedeelte van de stroom de basis voor het werkelijke vermogen. Het gedeelte om het magnetisme in stand te houden is het blindvermogen. Het schijnbare vermogen van de motor is de correctie van het werkelijke vermogen vanwege warmteverlies. De motor kan zich koelen met de zichtbare ribben aan de buitenkant.

Bereken van de zelf gekozen luchtmotor het theoretische vermogen, het blindvermogen en het werkelijke (schijnbare vermogen). Het werkelijke vermogen wordt echt gebruikt om de ramen te openen en dicht te laten gaan. Maak gebruik van de stelling van Pythagoras (zie onderstaande afbeelding).

Schijnbaar vermogen (W) =  $\sqrt{(\text{theoretische vermogen}^2 + \text{blind vermogen}^2)} = \dots\dots\dots$



Verder geldt :

$$P^2 + Q^2 = S^2$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Fig. 121



Zet met een viltstift een streep op de stevige stalen aandrijfjas, die met een brede ketting verbonden is aan de motor. Tel in 2-5 minuten tijd hoeveel omwentelingen de buis maakt bij het open of dicht gaan van de ramen of meet enkele keren de tijdsduur van steeds één omwenteling. Let wel op dat dit mag gebeuren. Het verschil tussen de kasluchttemperatuur en de buitentemperatuur mag niet te groot zijn. Vergelijk dit toerental (omwentelingen/ minuut) met het toerental van de luchtmotor. Hoeveel keer is het toerental van de motor groter dan van de aandrijfjas?

Tijdsduur = ..... seconden per omwenteling = ..... omwentelingen in één minuut

Toerental aandrijfjas = ..... omwentelingen per minuut

Toerental motor (omw/min) / Toerental aandrijfjas (omw/min) = vertragsingsfactor = .....

De motor zit aangesloten aan een wormkast, dat gevuld is met olie. De olie zorgt voor de smering tussen de tandwielen, de wormen en de wormwielen. Deze draaiende onderdelen resulteren in een sterke vergroting van het koppel. Het koppel van de motor is vele keren kleiner dan van de motor mét wormkast. Zodoende draait de motor snel, maar de aandrijfjas juist langzaam. De vertraging in draaibeweging wordt weer veroorzaakt door een juiste opeenvolging van wormen en wielen in de wormkast. De snelle beweging van een relatief klein wiel wordt vertraagd in een aangesloten groter wiel of worm.

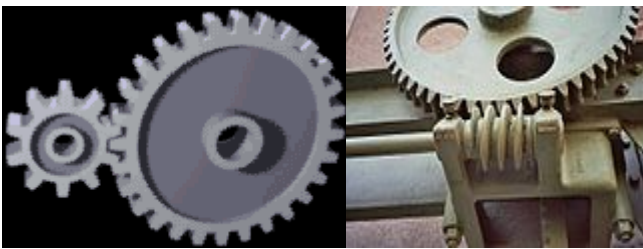


Fig. 122

Met gebruik van het werkelijke elektrische vermogen, twee bekende toerentallen en het benodigde rendement kan het koppel van luchtmotor (elektromotor én wormkast) worden berekend. Dit koppel van de langzaam draaiende aandrijfjas wordt via elke tandheugel omgezet in een lineaire beweging, die veel kracht herbergt. Deze kracht kan zo groot zijn, dat zonder 0 % beveiliging de luchtramen bij het dichtgaan dwars door het kasdek worden getrokken. Zonder 100 % beveiliging zouden de luchtramen uit het scharnier van de kasnokroede worden geduwd.

Tel het aantal luchtramen, die aangesloten zitten bij jouw luchtmotor. Een luchtraam kan bestaan uit twee of drie ruiten. Meet het oppervlakte van elke raam in het luchtraam en bereken het totale glasoppervlakte per luchtraam. De dikte van elk raam is ca. 4 mm. De dichtheid van glas is te vinden op het internet. Nu kun jij het totale gewicht van alle aangedreven luchtramen bij deze motor berekenen. De lichtgewicht aluminium roeden rondom de luchtramen is circa 3 % van het totale gewicht van de luchtramen. Verwerk dit percentage in het gewicht van de luchtramen.

Aantal luchtramen × oppervlakte glas per luchtraam × dikte glas × dichtheid glas = gewicht luchtramen = ..... + 3 % = ..... kg luchtramen

Benodigde kracht:  $F_{\text{zwaartekracht}} = 9,81 \text{ (kg/m}^2\text{)} \times 0,5 \times \text{gewicht luchtramen} = \dots\dots\dots \text{ N}$

Je weet de formule van de zwaartekracht. Bedenk dat alle luchtramen maar slechts half hoeven worden 'opgetild'. Elk luchtraam scharniert in de nokroede. Het glasgedeelte nabij de nok beweegt minder omhoog



dan het glas in het uiteinde van het luchtraam. De luchtmotor tilt het totale glas slechts half omhoog. Wat is de benodigde kracht om alle luchtramen bij deze motor half omhoog te hoeven tillen? De ramen staan dan wel in werkelijkheid volledig open.

Benodigde kracht:  $F_{\text{zwaartekracht luchtramen}} = 9,81 \text{ (kg/m}^2) \times 0,5 \times \text{gewicht luchtramen} = \dots\dots\dots \text{ N}$

De luchtramen worden met gemak in beweging gebracht met de luchtmotor. De motor is ruimschoots sterk genoeg. Met hoeveel % van de motorcapaciteit worden de luchtramen open en dicht gedaan? Hiervoor moeten enkele berekeningen worden gemaakt met de volgende natuurkunde formules:

$T_{\text{elektromotor}} \text{ (Nm)} = 9740 \times \text{motorvermogen (kW)} / \text{toerental}_{\text{elektromotor}} \text{ (omw/min)}$

$T_{\text{wormkast}} \text{ (Nm)} = (\text{toerental}_{\text{elektromotor}} / \text{toerental}_{\text{aandrijfjas}}) \times T_{\text{elektromotor}} \text{ (Nm)} \times \text{rendement}_{\text{wormkast}} \text{ (0-1)}$

Het koppel van de draaiende beweging van de aandrijfjas wordt via een rondsel omgezet in een lineaire beweging van de tandheugel. De tandheugel beweegt vooruit of achteruit, waardoor de luchtramen via opdrukpersen open of dicht gaan.



Fig. 123

Bewegende kracht:  $F_{\text{openen/dichten luchtramen}} \text{ (N)} = T_{\text{wormkast}} \text{ (Nm)} / \text{straal}_{\text{rondsel rond tandheugel}} \text{ (m)} = \dots\dots\dots \text{ N}$

Deze berekende kracht wordt de weerstand tussen de draaiende onderdelen van het luchtmechaniek verwaarloosd. Deze grote kracht moet groter zijn dan de som van de zwaartekracht van alle aangesloten luchtramen.

$(F_{\text{zwaartekracht luchtramen}} / F_{\text{openen/dichten luchtramen}}) \times 100 = \dots\dots\dots \% \text{ motorcapaciteit elektromotor.}$

Bij een gering percentage gaat de elektromotor met wormkast des te langer mee en zal de aandrijfmotor niet snel vervangen hoeven worden. De aandrijving van het luchtmechaniek in de glastuinbouw gaat vaak wel meer dan 20 jaar mee.





## Hoofdstuk 9. Ventilatie/Luchting

### 9.1 Het Nieuwe Telen



Fig. 124

Een kas zonder luchtramen bestaat niet, maar in een gesloten kas zijn de luchtramen altijd dicht. Een semigesloten kas bestaat ook uit luchtramen, die vrijwel nooit open gaan en wordt in de zomer mechanisch gekoeld met een warmtepomp. Dat gebeurt door de zonnewarmte te oogsten en op te slaan om in de winter te benutten voor verwarming. Dit is vooral interessant gebleken voor teelten waar koelen in de zomer gebruikelijk is, zoals bij Phalaenopsis en een aantal bolbloemen.

Aangezien in tuinbouwkassen de ingaande en uitgaande energiestromen in evenwicht moeten zijn kan het gebeuren dat, ter ventilatie, ramen van de kas moeten worden geopend. Men spreekt dan van een semigesloten of open kas. Zeer veel warmte gaat verloren via de luchtramen.

Voorts wordt vaak ook opzettelijk het gehalte aan koolzuurgas ( $\text{CO}_2$ ) verhoogd, waardoor de planten sneller groeien. Dit  $\text{CO}_2$  moet soms zelfs worden geproduceerd door verbranding van aardgas. Aangezien het gas vooral in de zomer nodig is, wordt de hierbij ontstane warmte niet nuttig gebruikt.

Ook zorgen de openstaande ramen er voor dat biologische bestrijdingsmiddelen, zoals hommels en lieveheersbeestjes, uit de kas kunnen ontsnappen.

Tenslotte leiden openstaande ramen er toe dat ziekteverwekkers gemakkelijk in de kas kunnen binnendringen.

Door nu de kas zodanig in te richten dat de ramen altijd vrijwel altijd gesloten kunnen blijven, kunnen deze nadelen worden ondervangen. De gesloten kas kan worden uitgerust met warmtekracht koppeling (WKK) en warmte koude opslag (WKO) kan de energiehuishouding van de kas in evenwicht worden gebracht en worden fossiele brandstoffen bespaard. In theorie kan de kas zelfs fungeren als energieleverancier. Bij WKO wordt in de zomer de overvloedige warmte, en in de winter de overvloedige koude, in een ondergrondse watervoerende laag (aquifer) opgeslagen. In de winter wordt de warmte weer gebruikt en opgewaardeerd door middel van een, elektrisch aangedreven, warmtepomp. In de zomer kan de opgeslagen koude weer ter koeling worden aangewend.

### 9.2 Aquifers

#### Inleiding

Aquifers zijn watervoerende aardlagen ingesloten door lagen die geen water doorlaten. Aquifers kunnen zich op verschillende diepten bevinden. De temperatuur van het water in de aquifer is afhankelijk van de diepte. Aardwarmtewinning is de onttrekking van warmte aan het water van de aquifer. De toepassing van aardwarmte is een duurzame energieoptie die een goede bijdrage kan leveren aan de doelstelling van de





meerjarenafspraak tussen de overheid en de sector glastuinbouw. De doelstelling is een verbetering te bereiken van de energie-efficiëntie in 2010 van 65% ten opzichte van 1980 en daarnaast te komen tot een aandeel duurzame energie van 4%.

Bij winning van aardwarmte komt het water veelal van grote diepte (1 tot 2 km), waardoor het een temperatuur heeft die hoog genoeg is om direct te kunnen worden toegepast ten behoeve van verwarming van tuinbouwkassen. De temperatuur van aquifers die minder diep zijn gelegen (diepte 15 tot 150 m) is lager, waardoor de toepassing van een warmtepomp noodzakelijk is om het niveau voor verwarming aan te passen aan de eisen die tuinbouwkassen daaraan stellen. In dat geval kan gebruik gemaakt worden van overtollige warmte in de zomer om het temperatuurniveau van de aquifer te verhogen, zodat het rendement van de warmtepomp toeneemt. Onder die omstandigheden is sprake van lange termijn warmteopslag in aquifers en niet meer van aardwarmtewinning uit aquifers.

Aardwarmtewinning en warmteopslag in aquifers worden van elkaar onderscheiden omdat het verschil tussen het temperatuurniveau waarop het water beschikbaar komt bij beide vormen een verschillende aanpak vragen. In het volgende worden aardwarmte en in aquifers opgeslagen warmte samen soms kortheidshalve aangeduid als (bronnen van) bodemwarmte.

Dit project heeft als doelstelling de haalbaarheid te bepalen van de toepassing van aquifers in de glastuinbouw voor aardwarmtewinning en warmteopslag. In een haalbaarheidsstudie naar de toepassing van bodemwarmte zijn naast het temperatuurniveau nog een aantal andere elementen relevant. Zo is van belang te weten of aquifers beschikbaar gemaakt kunnen worden in de huidige en toekomstige glastuinbouwgebieden. Voorts is het voor de haalbaarheid belangrijk in welke mate (dekkingsgraad) bronnen van bodemwarmte kunnen voorzien in de warmtebehoefte van (een cluster van) tuinbouwkassen en dat vooral in relatie tot de kosten. Bij de warmtebronnen van lage temperatuur komt er nog het belangrijke aspect van het verhogen van de temperatuur door middel van een warmtepomp bij. Deze aanpassing geeft aanzienlijke extra investerings- en operationele kosten.

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt de huidige stand van zaken rond de kennis en exploitatie van aquifers besproken en aangegeven waar relevante vindplaatsen zijn. In hoofdstuk 3 wordt bepaald welke warmte dekking te behalen is met verschillende aquifers als warmtebron voor verschillende gewassen. Hoofdstuk 4 gaat verder in op hoe de totale investeringen en exploitatiekosten van de verschillende typen bronnen van bodemwarmte zich verhouden, en onder welke economische randvoorwaarden toepassing in de Nederlandse glastuinbouw ingang zal vinden.

### **Kenmerken aquifers**

Aquifers zijn watervoerende aardlagen ingesloten door lagen die geen water doorlaten. De temperatuur van het water in een aquifer is afhankelijk van de diepte (in Nederland een toename van ca. 30 °C per km).

Bij aardwarmtewinning wordt warmte onttrokken aan het water van diep gelegen (1000 tot 2000 m) aquifers met een temperatuur van 70 tot 90 °C. De temperatuur van aquifers die minder diep zijn gelegen (15 tot 300 m) is lager (ca. 10 °C), en kunnen worden gebruikt voor lange termijn warmte- (en koude)opslag, waarbij gebruik gemaakt wordt van overtollige warmte in de zomer om het temperatuurniveau van de aquifer te verhogen en van een warmtepomp om het temperatuurniveau bij ontladen van de aquifer aan te passen aan de eisen van tuinbouwkassen.



Bij de toepassing van aquifers onderscheiden we twee hydraulische kringlopen; de ondergrondse kringloop en de warmtevraagkringloop (een eventueel distributienet en het kasverwarmingssysteem). Beide kringlopen worden altijd gescheiden door een warmtewisselaar. Bij gebruik van een aquifer worden over het algemeen twee putten geboord (doublet) die op ruime afstand van elkaar in de aquifer uitkomen. Het warme water wordt via de productieput omhoog gepompt uit de aquifer, doorloopt vervolgens de warmtewisselaar en wordt na het afstaan van de warmte via een injectieput weer teruggepompt. Het terugpompen van het afgekoelde water is noodzakelijk omdat het formatiewater vaak een hoog zoutgehalte heeft en lozing aan het oppervlak niet wordt toegestaan. Bovendien wordt door de injectie de druk in de aquifer op peil gehouden. Bij gebruik van aquifers voor warmteopslag wordt in de zomer de stromingsrichting omgekeerd om de warme put te regenereren. Bij de ondiepe aquifers kan een goede put 50 tot 100 m<sup>3</sup> water per uur leveren. Voor een hoger debiet moeten er extra doubletten geboord worden.

Bij putten naar diepe aquifers lopen de debieten uiteen van 100 tot 200 m<sup>3</sup> per uur. Om een voldoende hoeveelheid water te kunnen produceren (en injecteren) met geringe pompenergie, moet de doorstroming van de watervoerende laag tenminste 15 Dm (Darcy meter) te bedragen. Hoewel watervoerende lagen bijna in overal in Nederland aanwezig zijn, voldoen deze lagen niet altijd aan dit criterium. De ondergrondse kringloop moet nauwkeurig worden afgesteld op de hydrageologische gesteldheid. De grondwatersnelheid (grootte en richting), de dikte en doorlatendheid van het watervoerend pakket en een eventueel afdekkende laag zijn van belang. Deze gegevens zijn aanwezig in het Regis-systeem van TNONITG. De chemische samenstelling van het grondwater is van belang, omdat ook in een gesloten systeem, temperatuurverschillen aanleiding kunnen geven tot ongewenste chemische reacties (roestvorming, calcietneerslag, etc). Bij vergunningverlening zal de provincie het belang van energieopslag afwegen tegen andere grondwaterbelangen. Belangrijk daarbij is dat de opslag thermisch en volumetrisch jaarlijks in evenwicht blijft.

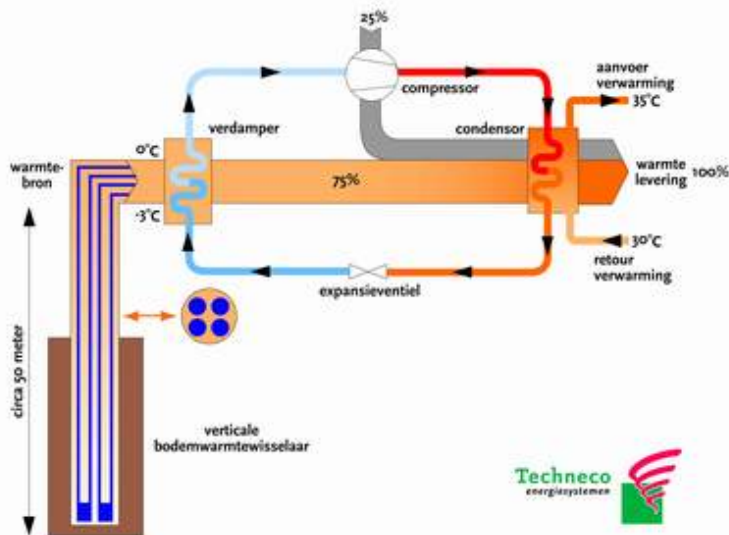
Het thermische vermogen van een doublet is afhankelijk van het gerealiseerde debiet en verschil tussen aanvoer- en retourtemperatuur. Het kan variëren tussen 0,8 MW voor ondiepe aquifers voor thermische opslag tot 10 MW voor een goede aardwarmtebron in een diepe aquifer. De voor geothermie geschikte gebieden worden vooral aangetroffen in Noord- en Zuid-Holland en in Noord-Nederland.

De bestaande glastuinbouwgebieden in de provincie Zuid-Holland liggen boven potentieel geschikte aquifers, zowel voor warmtewinning als voor thermische opslag. Van de aanbevolen nieuwe tuinbouwgebieden liggen alleen die in Friesland, Zuid-Holland en N-Brabant boven of nabij potentieel geschikte aquiferlocaties voor warmtewinning. De toekomstige gebieden liggen wel boven of nabij aquifers voor warmteopslag, maar of deze aquifers in alle gevallen bruikbaar zijn is onzeker. Er is alleen voor Zuid-Holland voldoende detailinformatie beschikbaar om vast te stellen dat energieopslag in de tweede watervoerende laag mogelijk is.



# Warmtepomp principe

grondwarmte



Techneco  
energiesystemen

Fig. 125 Warmtepomp principe

## Kasverwarming met aquifers

De energiebesparingen bij toepassing van aardwarmte variëren van 0,2 miljoen tot 8 miljoen m<sup>3</sup> aardgasequivalent. Hoe groter het aangesloten areaal op een aardwarmtebron, hoe groter de energiebesparing en hoe kleiner de dekkingsgraad. Boven 20 à 30 hectare, afhankelijk van de broncapaciteit, wordt de toename van de besparing met de toename van het areaal minder. De bron met de hoogste temperatuur en hoogste debiet bespaart het meeste energie. De bron van 75°C en 100 m<sup>3</sup> per uur bespaart tot 3,5 miljoen m<sup>3</sup> aardgasequivalenten per jaar en de bron met 85°C en 200 m<sup>3</sup> per uur tot 8 miljoen m<sup>3</sup> a.e. per jaar. In een bedrijvencuster wordt altijd meer bespaard dan in afzonderlijke bedrijven en als gevolg van de belichting wordt bij het chrysantenbedrijf het minst bespaard. Er is weinig verschil in bespaarde energie tussen tomaten met en zonder scherm bij dekkingsgraden van minder dan 40% (meer dan 20 ha). Van de beschouwde kasuitrustingen geeft de configuratie met verdubbelde lengte van de strengen van het ondernet de hoogste besparing. Buizen met vergrote diameter presteren minder goed door de lange responstijd bij opwarmen.

De jaarlijks opgepompte hoeveelheid water uit de aardwarmtebron varieert sterk met het aangesloten areaal, het gewas en de retourtemperatuur. Bij de bron van 75°C en 100 m<sup>3</sup> per uur loopt dat op tot 83% van de jaarcapaciteit voor een bedrijvencuster van 100 ha en tot 62% bij 100 ha tomaten met scherm. Voor de bron met 85°C en 200 m<sup>3</sup> per uur wijken deze benuttingspercentages weinig af (81 versus 61%).

Bij de toepassing van warmteopslag in aquifers variëren de best passende warmtepompvermogens tussen 12 en 15 Wm<sup>-2</sup>. De chrysant met belichting vormt een uitzondering met 28 Wm<sup>-2</sup>. Voor de best presterende kasuitrusting variëren de besparingen afhankelijk van de gewassen van 56.000 tot 71.000 m<sup>3</sup> a.e. per ha.

Meer informatie over de toepasbaarheid van aquifers voor warmtewinning - en opslag is te lezen in de volgende internetsite: <http://edepot.wur.nl/296458>



## Opdracht

Bereken de energiebesparing (%) van het kweken van amaryllis met gebruik van warmtepompen versus met gebruik van uitsluitend een ketel en een koelmachine.

## 9.3 Ventilatieslurven

### Luchtbehandelingskast met ventilatieslurf

Gunstige ervaringen met luchtbehandelingskast LBK (1 september 2013)

Het chrysantenbedrijf Arcadia heeft in Kwintsheul een afdeling ingericht met een luchtbehandelingskast om een betere beheersing van het kasklimaat en energiebesparing te onderzoeken. Wageningen UR Glastuinbouw begeleidt dit onderzoek in opdracht van het programma Kas als Energiebron.

Na bijna een jaar sinds de start van het onderzoek zijn de volgende ervaringen opgedaan:

- Met een maximum luchtdebiet van  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{uur}$  is de luchtvochtigheid zeer goed te beheersen. Gedurende de nacht kan vaak een strakke RV-lijn van 85% of 88% worden aangehouden.
- Door te ervaren dat de luchtvochtigheid zo goed te beheersen is, neigt men er steeds meer naar om de luchtvochtigheid scherper in te stellen. Zo wordt deze ook wel eens op 92% gezet.
- Een lagere luchtvochtigheid in combinatie met een lagere temperatuur in de proefafdeling heeft geleid tot een snellere bloei en een hoger takgewicht. Het gevreesde lichtverlies van de slurf is dus niet tot uiting gekomen in productieverlies.
- Een slurf per 28,80 meter geeft voldoende luchtverdeling in de afdeling. Vlakbij de luchtbehandelingskast zijn wel aanpassingen nodig om ook in de hoeken van de afdeling luchtbeweging te krijgen.
- Het energieverbruik is in de proefafdeling tot op heden nog niet veel lager dan in de referentieafdeling. Door een extra scherm aan de proefafdeling toe te voegen, wordt verwacht dat de beoogde energiebesparing wel wordt bereikt. Ook door de luchtvochtigheid scherper in te stellen kan meer energie worden bespaard.
- In de zomerperiode is het mogelijk om het systeem te gebruiken om onder een gesloten verduisteringsscherm koelere buitenlucht in te blazen, waardoor een te hoge temperatuur en luchtvochtigheid in de kas kunnen worden verlaagd.
- Verder geniet het project de interesse van de landelijke commissie chrysant.

### Vergelijking LBK systemen

#### Beschrijving

Dit project richt zich op het vergelijken van luchtbehandelingskasten van verschillende leveranciers die droge buitenlucht in de kas brengen.

Resultaat van het onderzoek zal een document zijn dat de tuinders op eenvoudige en eenduidige wijze inzicht geeft in de eigenschappen van de verschillende LBK-systemen.

#### Resultaten

Luchtbehandeling blijkt vooral goed te scoren bij het gerichter, efficiënter, beter gecontroleerd en gelijkmatiger ventileren. De huidige LB-systemen zijn daarin geen jaarrond oplossing. Ze behoeven in vochtige, minder koude perioden nog steeds aanvulling van de traditionele raamluchting.



De tweede nuttige functie is het creëren van luchtbeweging. Dit blijkt vooral van belang voor het activeren van het gewas. Voor het nivelleren van klimaatverschillen moet men echter geen hoge verwachtingen hebben. Daarvoor blijkt de opgewekte luchtbeweging onvoldoende dominant te zijn. Ten behoeve van de energiezuinigheid kan luchtbehandeling in potentie meer scoren dan het aandeel dat nu door de efficiëntere ventilatie wordt bereikt. Een enkele aanbieder gaat al verder door warmteterugwinning uit ventilatielucht toe te voegen. Verdere kansen liggen er ten aanzien van efficiënter (laagthermisch) verwarmen, vermindering van het elektriciteitsverbruik en gecombineerd actief ontvochtigen en ventileren. Er lijken zelfs mogelijkheden te zijn om het probleem van toegenomen klimaatongelijkheid in moderne kassen met luchtbehandeling weg te werken.

Meer informatie is te lezen op de volgende internetsite van Productschap Tuinbouw:  
<http://www.tuinbouw.nl/project/vergelijking-lbk-systemen>

#### Vragen

1. Wat is de gunstige hoogte voor een ventilatieslurf?
2. Wat bepaalt de slurfdiameter en de gatenafstand?
3. Wat is de gewenste luchtdruk in een kas met ventilatieslurven?
4. Waarom zijn de slurven niet geschikt voor CO<sub>2</sub> - dosering?
5. Wat is de minimale - en maximale LKB - temperatuurverhoging van buitenlucht?
6. Leg het principe van energiebesparing met gebruik van LKB uit.
7. Wat kost een LKB met een gemiddelde opwarmcapaciteit?

### 9.4 Verticale ventilatie



Fig. 126





Fig. 127

### **Luchtcirculatie binnen de kas.**

Een goede luchtcirculatie speelt een erg belangrijke rol voor iedere kas. Het gebruik van ventilatoren vermindert de relatieve vochtigheid in de kas en de kans op plantenziektes door voor de luchtbeweging te zorgen. Het luchtcirculatiesysteem in de kas zorgt voor gelijkmatige verdeling van warmte en CO<sub>2</sub>, brengt de temperatuur en vochtigheid in de gehele afdeling op hetzelfde niveau. Luchtbeweging vermindert ook oververhitting van de planten, elimineert zones met verhoogde vochtigheid, elimineert 'dode zones', waarin onbeweeglijke lucht zich ophoopt, die een voedingsbodem is voor ziektes.

Ventilatoren worden door de geautomatiseerde kasbesturingssysteem bestuurd.

Recirculatieventilatoren stellen je in staat om:

- Luchtvochtigheid en daaraan gerelateerde ziektes te verminderen;
- Verwarmingkosten te verlagen dankzij betere warmteverdeling;
- De temperatuur in alle afdelingen van de kas op hetzelfde niveau te brengen;
- CO<sub>2</sub> absorptie te verhogen.

In de zomer:

- Transpiratie te verhogen;
- Mist goed te verdelen bij werkende nevelinstallatie;
- Warme plekken op warme dagen te elimineren;
- De verdeling van chemicaliën te verbeteren.

Luchtcirculatie wordt verzorgd door speciale gelijkmatig over de kas verdeelde axiaalventilatoren. Ventilatoren kunnen op de poten in de kas geïnstalleerd zijn of onder de tralie worden gehangen.





## Theoretische achtergrond verticale circulatie

### Situatie overdag

De ventilatie in een kas is normaal gebaseerd op de werking van een luchtraam. Daarmee wordt binnenlucht vervangen door buitenlucht door middel van een gecompliceerd samenspel tussen energietoevoer door de zon in de kas en tussen wind, raamopeningen aan de luwe zijde en aan de windzijde en interne stromingen. Op een zomerse dag worden daarbij ventilatievouden van 30 gehaald, hetgeen betekent dat de kaslucht per uur 30 keer verwisseld wordt, dus bij een kashoogte van 5m,  $150 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ . Een dergelijke luchtverplaatsing met ventilatoren uitvoeren zou een enorm stroomverbruik vergen. De vraag is echter of een dergelijke verplaatsing noodzakelijk is. In principe brengt de zon de warmte netjes verdeeld in de kas, waardoor een horizontaal gerichte luchtverplaatsing niet noodzakelijk is om temperatuurverschillen te vereffenen. Weliswaar bestaan er schaduwplekken in de kas, maar daar krijgt het gewas ook minder PAR licht te verwerken waardoor een eventuele lagere luchttemperatuur alleen maar gunstiger is. De belangrijkste reden voor luchtbeweging is de afvoer van warmte vanaf de plant. Een gebrek aan luchtbeweging kan leiden tot een tijdelijk overmatige verdamping die uiteindelijk zal leiden tot sluiting van de huidmondjes met als gevolg in het gunstigste geval verminderde fotosynthese en in het ongunstigste geval oververhitting en verbranding. Dat fenomeen wordt veroorzaakt door de wet van behoud van energie, ook wel de energiebalans genoemd. Die wet zegt ons dat alle energie die op een blad terechtkomt, in dit geval de instraling plus de omgevende kaslucht temperatuur zolang die warmer is dan het blad, daar ook weer van moet verdwijnen.

Bij een blad zijn daar twee belangrijke wegen voor: verdamping en temperatuurverschil met de omringende kaslucht. Voor een goed functionerend gewas met geopende huidmondjes bedraagt de warmteafvoer via verdamping al gauw 70% van wat er aan energie op het blad terechtkomt. Valt die verdamping enigszins terug, dan zal het blad warmer worden dan de kaslucht en via convectie warmte afgeven. Maar convectie functioneert alleen goed wanneer er ook luchtbeweging is. Met andere woorden bij weinig luchtbeweging loopt de bladtemperatuur sterker op dan bij veel luchtbeweging. Daarbij speelt het bladoppervlak ook een cruciale rol, hoe kleiner het bladoppervlak, hoeveel minder warmte er kan worden overgedragen. Dus een jong gewas heeft meer moeite om de zonnearmte af te voeren. Een deel van de zonnearmte wordt door het blad gereflecteerd. Een jong blad reflecteert meer dan een oud blad. Dat compenseert deels het gebrek aan verdamping. Gesloten kassen zonder luchtramen kennen het probleem dat er bovenin het gewas, daar waar de grootste hoeveelheid energie wordt geabsorbeerd door het gewas, te weinig luchtbeweging kan ontstaan wanneer de luchtslangen onderin het gewas zijn gelegd. Daarbij wordt vaak gedacht dat dit veroorzaakt wordt door een gebrek aan koude bovenin, maar een gebrek aan luchtbeweging ligt meer voor de hand, omdat die juist in het bovenste deel van het gewas kleiner is dan wat met luchtramen wordt bereikt. Om die reden kunnen luchtbehandelingskasten beter bovenin de kas gemonteerd zijn en liefst op zoveel mogelijk punten uitblazend.

In het geval er geen luchtbehandelingskasten zijn en er gewoon gelucht wordt, is de vraag of ventilatoren nut hebben. De horizontale verplaatsing van lucht boven het gewas is overbodig omdat het tussen het gewas geen warmte afvoert. Verticale ventilatoren kunnen mogelijk wel zin hebben. In de eerste plaats om verticale temperatuurverschillen te verkleinen en daarmee bijvoorbeeld de afrijpingssnelheid van vruchten te bevorderen. In de situatie dat de ramen minder ver open staan en er toch veel instraling is kan een verticale luchtstroom ook zin hebben om de warmteafvoer vanaf het blad goed te houden. Dat is het geval wanneer de strategie gevolgd wordt om met verneveling de warmte inhoud van de kaslucht zo groot te maken dat de ramen maar een klein beetje open hoeven om genoeg warmte af te voeren. Daarmee wordt





dan bereikt dat er meer CO<sup>2</sup> in de kas blijft. Het zal duidelijk zijn dat de luchtbeweging in het gewas dan kan afnemen tot een kritische grens door het kleinere ventilatievoud. Het voordeel van de combinatie luchtraam, verneveling, verticale luchtbeweging is dat de warmte en het vocht lokaal worden afgevoerd en de horizontale verschillen daarom klein zullen zijn. Bovendien hoeft lucht maar over kleine afstanden verplaatst te worden waardoor het stroomverbruik laag kan blijven. De verticaal werkende Aircobreeze ventilator verplaatst 8000 m<sup>3</sup>/h. Bij een kashoogte van 5m en een werkingsgebied van 250 m<sup>2</sup> betekent dat een verplaatsing van 32 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h en een ventilatievoud van 6,4. Staan de ramen ver genoeg open, dan zal dit ventilatievoud al gauw overtroffen worden en heeft aanzetten van de ventilatoren alleen nut voor het opheffen van verticale temperatuurverschillen.

Bij een lagere instraling is de kans dat er grote verticale temperatuurverschillen bestaan minder groot, maar kan er wel een laag stilstaande lucht onderin het gewas ontstaan. Om dit te doorbreken is een kleine luchtsnelheid van 0,05 m/sec voldoende. Als die laag dan ongeveer 1,5 meter dik is, is een luchtverplaatsing van 4,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h nodig.

### **Situatie in de nacht**

Er kunnen zich 4 situaties voordoen waarbij een verticale luchtbeweging gewenst kan zijn:

1. In de avond, om de kas snel af te koelen.

De afkoeling in de avond kan worden bevorderd door de warme kaslucht snel af te luchten. Om daarbij ook het gewas snel af te koelen kan de lucht het beste worden gecirculeerd, zodat de koude buitenlucht goed door het gewas verdeeld wordt en de extra luchtbeweging bovendien zorgt voor een snellere uitwisseling tussen plant en kaslucht. Voor een optimaal effect moet de ventilator onder een luchtraam zijn geplaatst. Wanneer de ventilator zowel van onderen als van boven lucht aanzuigt kan ook bij windstil snel koude buitenlucht naar binnen worden gehaald. Om dit proces snel te laten verlopen en daarmee maximaal profijt te hebben van de temperatuurverlaging is een systeem met veel luchtverplaatsing gewenst, ongeveer een verversing per minuut. Dat komt neer op 60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.

2. Gedurende de sluitingsperiode van een scherm om condens te voorkomen.

Condensvorming kan worden voorkomen door de temperatuurverschillen in het gewas zo klein mogelijk te maken. Daarvoor is het noodzakelijk om warmteophoping onder het scherm te voorkomen. Dat kan door een verticale circulatie tot stand te brengen. De hoeveelheid lucht die daarbij verplaatst moet worden is afhankelijk van de dichtheid en de isolatiewaarde van het scherm. Hoe beter de isolatie, hoe minder warmte er onderin de kas wordt toegevoerd en hoe kleiner het volume te verplaatsen lucht. Daarbij moet wel worden aangetekend dat een dichter scherm ook een hogere luchtvochtigheid oplevert waardoor al bij kleinere temperatuurverschillen condens op zal treden. Dat betekent dat er op een andere wijze vocht afgevoerd zal moeten worden (zie 3). Bij een heel open scherm zal er veel warme lucht en daarmee ook vocht door het scherm verdwijnen. Tegelijkertijd zullen de verticale temperatuurverschillen ook groter zijn omdat er meer warmte moet worden toegevoerd. In dat geval zal de verticale luchtverplaatsing groter moeten zijn om die verschillen weer op te heffen. De ventilator moet de natuurlijke, opwaarts gerichte, luchtstroom versterken om daarmee een neerwaartse beweging in gang te zetten en te onderhouden. De ventilator creëert daarmee onderin de kas een onderdruk die de warme lucht van boven naar beneden zuigt. Naarmate de verticale temperatuurverschillen groter zijn zal dit meer stuwkracht vergen. Daarvoor moet een luchtbeweging in stand worden gehouden met een snelheid die net iets groter is dan de opgaande beweging van warme lucht.

3. Gedurende de sluitingsperiode van het scherm om vocht af te voeren.



De kans op condensvorming op het gewas wordt verkleind door vocht af te voeren via een kier in het scherm. Helaas is de regeling van de schermkier onnauwkeurig, waardoor al gauw te veel of te weinig wordt afgevoerd en de kier veroorzaakt op zichzelf ook lokale temperatuurverschillen. Een verticale ventilator kan een rol spelen bij de gecontroleerde afvoer van vocht. Het geteste type ventilator zuigt zowel van boven als van onderen lucht aan. Door boven de ventilator een opening in het schermdoek te maken kan de koude, droge lucht die zich boven het schermdoek bevindt naar beneden worden gezogen. Deze lucht zal de RV verlagen en dezelfde hoeveelheid vochtige lucht door het schermdoek afvoeren. Omdat de ventilator zowel van onder als van boven lucht aanvoert zal de koude lucht direct gemengd en opgewarmd worden en daarna over het gewas verspreid. Kouval kan daarmee worden voorkomen. Tegelijkertijd kan door een goede beheersing van de kiergrootte de hoeveelheid vocht afvoer nauwkeurig worden geregeld en daarmee energie worden bespaard. Omdat vocht hiermee goed gecontroleerd kan worden afgevoerd levert de toepassing van een scherm met een extra hoge isolatiewaarde voordelen op. In de eerste plaats is het een voordeel dat daardoor de kasdektemperatuur lager zal worden, zodat er meer condensatie zal plaats vinden en de ramen langer gesloten kunnen blijven. In de tweede plaats is er minder warmtetoevoer nodig waardoor er minder water verdampt en de verticale temperatuurverschillen nog kleiner zijn. Daarmee is de weg geopend naar forse energiebesparing door betere isolatie. Voorwaarde is wel dat de hoeveelheid droge lucht die naar beneden kan worden gehaald groot genoeg is en ook te variëren.

4. Bij het opentrekken van het scherm om het onderste gewasdeel snel op te warmen.

De gevaarlijkste periode voor condensvorming is wanneer het schermdoek wordt opengetrokken. De kastemperatuur daalt daarbij snel waardoor de RV stijgt. Wanneer de zon schijnt warmt het gewas bovenin snel op terwijl de temperatuur onderin het gewas achterblijft. De combinatie van hogere RV en lage temperatuur veroorzaakt condens. De standaard methode om dit probleem te voorkomen is ruim van te voren extra warmte onderin het gewas te brengen en het scherm in stappen te openen. Dat kost echter onnodig energie. Door het in stand houden van een verticale luchtbeweging wordt tijdens het gesloten zijn van het scherm de warme lucht omlaag gestuwd. Daardoor zullen alle plantonderdelen een gelijke temperatuur hebben, zeker zolang ze niet actief verdampen door instraling. Als het scherm wordt geopend starten alle plantonderdelen dus met een gelijke temperatuur. Daarna zorgt de verticale luchtbeweging voor een zo snel mogelijk transport van de warme lucht naar beneden. Daarbij is het zelfs een voordeel wanneer het scherm pas geopend wordt wanneer de zon voldoende sterkte heeft om de kas op temperatuur te houden. Daarmee wordt de schermperiode zelfs met enkele uren vergroot.

5. Bij de toepassing van belichting onder een scherm zowel warmte als vocht verplaatsen.

Bij gebruik van belichting onder een scherm bouwt zich een extra warme laag bovenin het gewas op. Daardoor wordt de transpiratie onnodig gestimuleerd waardoor de kans op het sluiten van de huidmondjes toeneemt en de fotosynthese niet optimaal zal zijn. Aan de andere kant zal door het openstaan van de huidmondjes extra vochtproductie bestaan die de vochtinhoud van de lucht opstuwt. Al bij relatief kleine verticale temperatuurverschillen in het gewas zal dan al condensatie ontstaan. In principe kunnen alle al genoemde voordelen van verticale luchtbeweging ook hier benut worden.

## 9.5 Horizontale circulatie

Veel informatie over het principe, de werking, de indeling, de energiebesparing, de productieverhoging en de voor- en nadelen is te lezen in de volgende internetsite.



<http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1829929.pdf>

### **Vragen**

1. Noem 3 redenen voor verticale kasluchtcirculatie?
2. Noem 3 redenen voor horizontale kasluchtcirculatie?
3. Wat is het grootste nadeel van horizontale kasluchtcirculatie?
4. Waarvoor dienen plastic tussenschotten in elke kasnok?



## Hoofdstuk 10. Koeling

### 10.1 Werking van het koelproces

Na de ontwikkeling van de warmteleer door Robert Mayer (1814 – 1879) ontstond het inzicht dat kunstmatig koude kon worden opgewekt door middel van een thermodynamisch proces met gebruikmaking van mechanische energie of warmte. Met behulp van deze koudetechniek is het mogelijk om processen, producten of ruimten te koelen en de daarbij vrijkomende warmte weer aan de omgeving af te staan of als restwarmte te gebruiken. Als het doel is om warmte aan een proces of ruimte te onttrekken en daarna aan de omgeving af te staan, dan wordt gesproken van een koelinstallatie. Is het de bedoeling om warmte-energie van een laag temperatuurniveau naar een hoger niveau te brengen en daarna te gebruiken, dan is er sprake van een warmtepomp.

Het koelproces is een thermisch proces dat een hoeveelheid warmte onttrekt aan een ruimte met een lagere temperatuur, om ze over te brengen naar een omgeving met een hogere temperatuur. Omdat warmte altijd geleidt van een warm lichaam naar een kouder lichaam dien je dit natuurverschijnsel om te keren: er is dus een hoeveelheid energie nodig die je zal onttrekken aan de compressie van bepaalde gassen. In afbeelding 1 is een compressie-koelcyclus te zien. In deze cyclus zijn vier belangrijke onderdelen te onderscheiden: compressor - verdamper - regelventiel - condensor.

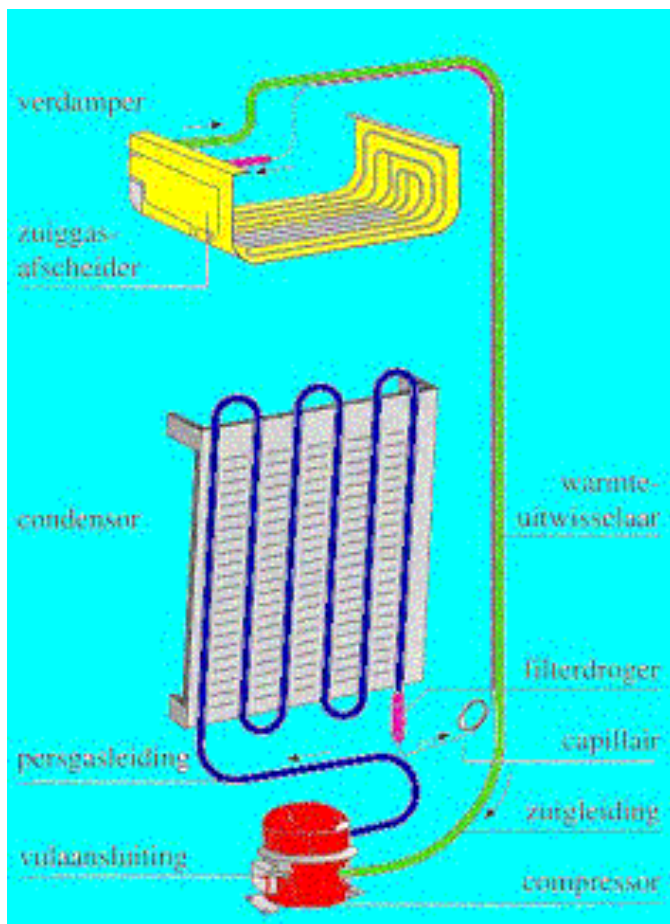


Fig. 128 Principe tekening



De vier onderdelen worden met elkaar verbonden door koperen leidingen. In deze leidingen stroomt een koelmiddel dat bij lage temperatuur kookt. Plaats je in het koelproces een warmtewisselaar waarin je dit koelmiddel in vloeibare toestand loslaat, dan zal het bij lage temperatuur verdampen. Zoals bij stoom zal de temperatuur constant blijven zolang niet alle vloeistof is omgezet in damp. Dit verdampingsproces, dat in de verdamper plaatsvindt, onttrekt warmte aan de ruimte die moet gekoeld worden. Naast het verdampingsproces, dat warmte opneemt, heb je ook het omgekeerde proces nodig, dat het gas terug omzet in vloeistof. Dit vindt plaats in de condensor. Deze warmtewisselaar vind je achteraan buiten de koelkast. Tussen de verdamper en de condensor is een compressor opgesteld. Deze compressor zuigt damp aan uit de verdamper. Deze damp dient iets oververhit te zijn, zodat het aangezogenen zeker een gas is en geen vloeistof. De compressor comprimeert het gas, wat voor een druk- en temperatuursverhoging zorgt.

Vanuit deze compressor wordt de damp in de richting van de condensor verplaatst. In deze condensor wordt de damp afgekoeld en omgezet in een vloeistof. De afkoeling vindt plaats door natuurlijke circulatie van de omringende lucht soms geholpen door een ventilator. Door het drukverschil tussen de condensor en de verdamper, stroomt het vloeibare koelmiddel automatisch naar de verdamper. Omdat de hoeveelheid vloeistof naar die verdamper niet willekeurig mag zijn, moet je tussen condensor en verdamper een smoring aanbrengen, die een bepaalde weerstand geeft aan het vloeibaar koelmiddel waardoor de druk daalt.

### **Koelinstallaties voor de glastuinbouw**

Koeling is een belangrijke component voor glastuinbouwbedrijven. In bepaalde delen van de wereld kunnen bedrijven eenvoudigweg niet zonder, daarnaast vragen veel teelten om koeltechniek. Door de ontwikkeling van nieuwe conditionerings- en teelttechnieken groeit ook de behoefte aan efficiënte koelsystemen.

Het is verstandig om met specialisten te overleggen, die goed bekend zijn met de specifieke koelvraag van elk gewas, in elk klimaat ter wereld. Als één van de pioniers in kaskoeling beschikken we over een breed pakket aan mogelijkheden met eigen ontwikkelde besturings- en monitoringsoftware. Het resultaat is een oplossing op maat.

De mogelijkheden om koeling toe te passen zijn de laatste jaren fors gegroeid. Of het nu gaat om grondkoeling, luchtkoeling of waterkoeling, bovenlangs of onderdoor koelen. Op basis van beproefde technieken hebben we de laatste jaren geïnvesteerd in eigen ontwikkelingen.

### **De optimale configuratie voor uw project.**

Steek veel tijd in de analyse van een optimale koelconfiguratie voor uw project. Gaat het alleen maar om koeling of vraagt het gewas ook om actieve ontvochtiging? Op hoeveel dagen per jaar is er behoefte aan koeling? Combineert u koeling met de inzet van een warmtekrachtinstallatie? Op die vragen is het verstandig om deskundige antwoorden te verkrijgen. De analyse en antwoorden in de fase van inventarisatie bepalen immers uiteindelijk het rendement van uw investering.

Met de introductie van de eigen JSK en de JOK loopt Nederland voorop. De JSK maakt een flexibel koelsysteem mogelijk: met één systeem kunt u zowel bovenlangs als onder het gewas koelen en door de optimale luchtcirculatie het kasklimaat optimaliseren. Bij inzet van de JOK maakt u gebruik van een energie-efficiënte warmtepomp, zodat u met het systeem tegelijkertijd warmte en koude kunt benutten voor de conditionering van het klimaat.



## Lucht- en waterkoeling

In veel gevallen vraagt de conditionering van het klimaat ook om de toepassing van lucht- en waterkoeling. Het is een heel specifiek terrein binnen de glastuinbouw. Een terrein waar het aankomt op kennis van de verschillen tussen de diverse systemen voor lucht- en waterkoeling.

Door de koeling met water- of luchtkoelmachines bent u in staat het klimaat en de relatieve luchtvochtigheid geheel naar uw hand te zetten. Elke teelt stelt weer andere eisen aan lucht- en waterkoeling. Ook de systeemprestaties zijn sterk verschillend. En dan is er nóg een aspect dat vraagt om een goede afweging tussen uiteenlopende systemen: het energieverbruik. Vooral koelmachines kunnen een grootverbruiker zijn van elektriciteit. Daarom is het verstandig vooraf goed in kaart te brengen wat de behoefte is van het gewas en hoe u daar energie-efficiënt mee om kunt springen. Vraag dit aan een deskundige persoon.

## JSK

### De innovatieve koelinstallatie voor de glastuinbouw

De innovatieve JSK-koelinstallatie maakt het u mogelijk zowel bovenlangs als onderlangs te koelen. Door de optimale luchtcirculatie verbetert u bovendien het kasklimaat. Verlies van lichtinstraling bij onderlangs koelen is er niet bij: de koelers worden onder het gewas geplaatst. Daarnaast kan de JSK eveneens ingezet worden voor gebruik van laagwaardige warmte.



Fig. 129

De JSK is een Nederlandse innovatie. Uniek aan de koelinstallatie is de slimme luchtcirculatie. De JSK zuigt warme lucht van boven het gewas aan. Nadat deze door de batterij gekoeld is, wordt de gekoelde lucht onder het gewas uitgeblazen. Dankzij de uitgebalanceerde wijze van uitblazen wordt de gekoelde lucht egaal verdeeld: de luchtstroming rondom het gewas is gelijkmatig, met een uniforme horizontale en verticale verdeling van het klimaat in de kas als resultaat.

### Een energiezuinige koelinstallatie

De JSK is uitgerust met speciaal ontwikkelde toerengeregelde ventilatoren. Deze zijn uitermate energiezuinig. Dankzij het bijbehorende ontwikkelde meet- en regelsysteem kunt u de toeren van de JSK-ventilatoren optimaal regelen. Het terugbrengen van de klimaatverschillen in de verschillende kasafdelingen





voorkomt het ontstaan van 'dode hoeken' in de kas. Het systeem is zowel in de groenteteelt als in de sierteelt op een flexibele manier toepasbaar: de werking van de JSK is ook omkeerbaar. De JSK koelt maar kan ook verwarmen.

## 10.2 Luchtslurven

### Luchtslurven voor een optimale conditionering van de kas

Luchtslurven maken het mogelijk de koeler(s) aan slechts één zijde van de kas te plaatsen. De luchtslurven zijn aangesloten op de ventilator van de luchtbehandelingskast. Dankzij het speciale luchtgaatjespatroon in de slurven wordt de lucht gelijkmatig verdeeld over de kas, waardoor het klimaat optimaal wordt geconditioneerd.



Fig. 130

De specialisten maken berekeningen met behulp van zelf ontwikkelde rekenmodellen het optimale rendement van de luchtslurven en het toegepaste luchtgaatjespatroon. De toepassing van luchtslurven biedt u het voordeel dat u minder koelers nodig heeft om de lucht over de kas te verdelen.

In combinatie met aanzuiging van buitenlucht leidt het gebruik van luchtslangen tot een nog verdere optimalisatie van het kasklimaat. Het voordeel van het gebruik van buitenlucht is dat de relatieve luchtvochtigheid van buitenlucht, bij een gelijke temperatuur, in de meeste gevallen lager is dan van de kaslucht. Hierdoor kan de kas actief worden ontvochtigd.

### In elke teelt toepasbaar

Luchtslurven zijn bij veel teelten toepasbaar. In de groenteteelt worden de slurven meestal onder de goten geplaatst, in de sierteelt veelal boven in de kas of onder de teelttafels.

## 10.3 Koelmachines

Met een koelmachine kunt u zowel de grond als de kasruimte optimaal koelen. Er zijn twee soorten koelmachines: watergekoeld en luchtgekoeld. Een watergekoelde machine onttrekt koude aan het oppervlaktewater of aan water in een aquifer. Een luchtgekoelde machine onttrekt koude aan de buitenlucht.







Fig. 131 Voor - en achterzijde watergekoelde koelmachine



Fig. 132 Vooraanzicht luchtgekoelde koelmachine

Bovendien zit er ook een verschil in het prestatieniveau van koelmachines. De COP-waarde van een watergekoelde machine ligt over het algemeen hoger dan die van een luchtgekoelde variant. COP staat voor 'Coëfficiënt Of Performance', een indicator voor de energie-efficiency van installaties. Een voorbeeld: bij een COP-waarde van 4 produceert een koelmachine voor elke ingevoerde kW aan energie ook 4 kW aan koude.

#### **De ideale machine voor uw teelt.**

Koelmachines bestaan in veel verschillende uitvoeringen en capaciteiten. Koelspecialisten kunnen u exact adviseren welk type koelmachine en installatie voor úw bedrijf optimaal is.

Daarbij kijken we niet alleen maar naar de initiële investering, maar ook naar de kosten op langere termijn: de exploitatiekosten. Vooral die bepalen in hoge mate uw economisch rendement. Betrouwbare berekeningen maken duidelijk waar voor u het omslagpunt ligt en welk rendement u kunt verwachten.

#### **Grondkoeling**

Een ideale grondtemperatuur is bepalend voor de kwaliteit en de opbrengst van uw gewas. Een te hoge grondtemperatuur heeft een negatieve invloed op de ontwikkeling en dus op de kwaliteit van het gewas. Hoge grondtemperaturen kunnen zelfs leiden tot het achterwege blijven van knopaanleg, waardoor er vegetatief gewas ontstaat. In een dergelijk geval maakt de plant geen bloemknop aan, maar blad. De oplossing is grondkoeling.

Grondkoeling is een beproefde techniek die al op grote schaal succesvol wordt ingezet om te voorkomen dat de temperatuur van de wortels of wortelknollen te hoog oploopt. Veel gebruikers van systemen zijn te vinden in teelten zoals alstroemeria, amaryllis en freesia.





Fig. 133

### **Grondkoeling werkt eenvoudig**

Het principe van grondkoeling is eenvoudig. De grond wordt gekoeld met behulp van koud water dat door een netwerk van PE-slangen in de grond wordt gepompt. Er zijn ruwweg twee technieken om in de behoefte aan koelwater te voorzien. Bij mechanische koeling wordt het koelsysteem van de kas aangesloten op een koelmachine. Bij grondkoeling met bronwater wordt koud bronwater opgepompt. Voor deze laatste techniek zijn aquifers benodigd. Zo moet je advies inwinnen welke koeltechniek voor uw bedrijfssituatie het hoogste rendement biedt.

### **Opdracht**

Beschrijf het principe en de werking van de koeling met gebruik van de watergekoelde koelmachine, de luchtgekoelde koelmachine en JSK.

### **Vragen**

1. Wat is het type koeling van standaard koelcel?
2. Wat is het type koeling voor een rijpingscel?
3. Wat is het effect van ethyleenblokken in een rijpingscel?
4. Wat is de functie van koelvloeistof?



## Hoofdstuk 11. Belichting

### 11.1 Assimilatiebelichting

Per tweetal bestudeer je een lichtplan. Dit lichtplan bestaat uit een plattegrond met legende en een uitgebreide toelichting.

Namen (1) (2) (3)  
Lichtplan nr.

In deze technische tekening is de stroomverdeling te zien. De stroom is afkomstig van het gemeentenet en/of van een warmtekrachtkoppeling (WKK) en wordt verdeeld naar de assimilatielampen in een kas. Alle vragen zijn te beantwoorden door de tekening goed te bestuderen.

Een lichtplan is een offerte of orderbevestiging van een installatiebedrijf voor de aanleg en installatie van assimilatielampen met bijbehorende stroomvoorzieningen. De verkoopprijs is onbekend.

Je kunt gebruik maken van de volgende formules:

$$U = I \times R \quad P = U \times I \quad P_{\text{verlies}} = I^2 \times R$$

$$I_{\text{totaal}} = I_1 + I_2 \quad I_{\text{totaal}} = I_1 = I_2 \quad U_{\text{totaal}} = U_1 + U_2 \quad U_{\text{totaal}} = U_1 = U_2$$

$$R_{\text{totaal}} = R_1 + R_2 \quad 1/R_{\text{totaal}} = 1/R_1 + 1/R_2$$

$$P_{\text{ingang}} = P_{\text{uitgang}} \quad U_{\text{ingang}} \times I_{\text{ingang}} = U_{\text{uitgang}} \times I_{\text{uitgang}}$$

De sterkte van het magnetische veld in de spoel is afhankelijk van het aantal windingen van die spoel en de sterkte van de elektrische stroom door die windingen. Heeft de primaire spoel (ingang)  $n$  windingen en de secundaire (uitgang)  $m$  windingen, dan zullen de spanning  $U$  en stroom  $I$  aan in- en uitgang van de transformator zich verhouden als:

$$\frac{U_s}{U_p} = \frac{m}{n} \quad \text{en} \quad \frac{I_s}{I_p} = \frac{n}{m}$$

De fractie  $m/n$  wordt ook wel de transformatieverhouding genoemd.

De doorsnede van de geleider bepaalt de maximaal toelaatbare stroomsterkte.

De isolatiewaarde van de mantel bepaalt de maximaal toelaatbare elektrische spanning.

Je moet de volgende vragen beantwoorden met uitleg en berekeningen.

- Hoeveel lampen hangen in de kas?
- Wat is het vermogen van elke lamp?
- Welke spanning staat op elke lamp?
- Wat is de stroomsterkte door elke lamp?
- Wat is het soort lamp?
- Hoeveel lampen hangen per  $m^2$  in de kas?



- Hoeveel  $m^2$  wordt per lamp belicht in de kas?
- Wat is het soort reflector rondom de bol van elke lamp?
- Is er sprake van een 'dambord' schakeling van lampen in de kas?
- Wat is de armatuur van een lamp?
- Welke onderdelen zitten in een armatuur?
- Wat is de totale lengte van alle bovengrondse kabels in de kas?
- Wat is de lengte én de dikte van de langste ondergrondse kabel?
- Wat is de lengte én de dikte van de kortste ondergrondse kabel?
- Wat is de berekende weerstand in de langste ondergrondse kabel?
- Wat is de berekende weerstand in de kortste ondergrondse kabel?
- Wat is de berekende totale weerstand in alle bovengrondse kabels in de kas?
- Hoeveel procent van alle stroom gaat verloren door weerstand in de kabels?
- Wat is een trafostation?
- Wat is de functie van de transformatie in het trafostation?
- Wat is het rendement van de transformator?
- Waardoor gaat in de transformator vermogen verloren?
- Wat is een stroomstraat?
- Wat is de functie van de stroomstraat?
- Is er sprake van serie – of parallelschakeling bij het verwerken van stoppen in de installatie?
- Wat de grootte van de stoppen in de stroomstraat?
- Op welke drie manieren kan stroom verloren gaan?
- Welke calamiteit van stroomverlies komt het meest voor in de kas, waardoor brand ontstaat?
- Wat is de kleur van zonlicht?
- Wat is de kleur van PAR licht?
- Waarom is groen licht minder nuttig voor planten?
- Wat is de totale lichtsterkte, uitgedrukt in Lux, van alle brandende lampen?
- Wat is de lichtsterkte van zonlicht bij een volledig helder blauwe lucht op een zomerse dag?
- Wat is dezelfde lichtsterkte, uitgedrukt in  $W/m^2$ , van alle brandende lampen?
- Wat is dezelfde lichtsterkte, uitgedrukt in  $\mu(\text{micro})\text{mol}/m^2/\text{sec}$ , van alle brandende lampen?
- Van welke deeltje wordt het aantal in  $\mu(\text{micro})\text{mol}$  uitgedrukt?
- Wat wordt verstaan onder kortsluiting? Hoe ontstaat dit?
- Wat wordt bedoeld met een thermische beveiliging van een lamp?
- Wat kan gebeuren, wanneer geen lekkage van stroom naar het grondoppervlak kan plaats vinden?

Geef een puntsgewijze beschrijving van de werkwijze voor het schoonmaken van een lamp met reflector. Je levert digitaal alleen de antwoorden in.



## 11.2 Omrekening lichteenheden

Globale straling buiten (W/m <sup>2</sup> )	$\mu\text{mol PAR}_{\text{kas}}$ (W/m <sup>2</sup> )	Lux
25	40	3053
50	80	6106
75	120	9160
100	160	12213
125	200	15266
150	239	18319
175	279	21373
200	319	24426
225	359	27479
250	399	30532
275	439	33585
300	479	36639
325	519	39692

Omrekening van de gemeten globale straling buiten naar PAR binnen, gebaseerd op een realistische 80% kasdektransmissie. De omrekening van micromol/m<sup>2</sup>/sec naar lux is berekend op basis van assimilatiebelichting met Philips Greenpower 400V/600W.

## 11.3 Lichthinder in nieuwe regelgeving

(dinsdag, 18 december 2012)

Hoogstwaarschijnlijk wordt per 1 januari 2013 het Activiteitenbesluit van kracht. In het Activiteitenbesluit zijn o.a. voorschriften opgenomen met betrekking tot de afscherming van lichtuitstoot van kassen. Deze regels zijn een beetje anders dan de regels van het Besluit Glastuinbouw. Bovendien zullen deze regels voor meerdere bedrijven de regels van hun milieuvergunning / omgevingsvergunning vervangen.

De belangrijkste aandachtspunten zijn:

1. De definitie van assimilatiebelichting is gewijzigd.

In het verleden is bepaald dat er sprake is van assimilatiebelichting als er meer dan 20 Watt/m<sup>2</sup> aan belichting aanwezig is. Bij bedrijven die slechts 1 streng lampen hadden konden hiermee aangeven dat ze onder de 20 Watt/m<sup>2</sup> bleven waardoor er geen regels voor afscherming e.d. van toepassing waren.



In het Activiteitenbesluit is er echter sprake van assimilatiebelichting bij belichting die gericht is op de bevordering van het groeiproces van gewassen (dus stuurlicht is geen assimilatiebelichting). Hierdoor moeten ook bedrijven die slechts één streng lampen hebben aan de voorschriften van afscherming gaan voldoen (zie overgangsregelingen onder punt 3).

2. Er is nog steeds een noodzaak van afscherming in de donkerteperiode van 98%.

De donkerteperiode in het Activiteitenbesluit is anders geformuleerd dan in het Besluit Glastuinbouw:

- Van 1 november tot 1 april van 18.00 uur tot 24.00 uur
- Van 1 april tot 1 mei van een half uur na zonsondergang tot 02.00 uur
- Van 1 september tot 1 november van een half uur na zonsondergang tot 02.00 uur

Bedrijven die echter meer dan 15.000 lux in werking hebben, dienen echter van zonsondergang tot zonsopgang hun 98% schermdoek te sluiten.

3. Er bestaan overgangsregelingen.

Er zijn overgangsregelingen voor:

- Bij technische beperkingen (o.a. kassen met een pothoogte lager dan 3,5 meter) hoeft er geen bovenafscherming te worden toegepast in de nanacht (tot 1 januari 2018).
- Men mag i.p.v. een 98 % lichtdicht schermdoek een 95% schermdoek toepassen (tot 1 januari 2017).
- Bij een belichtingsinstallatie van minder dan 20 Watt/m<sup>2</sup> hoeft men nog niet aan alle afschermingseisen te voldoen (tot 1 januari 2018).
- Bedrijven die nu een Wet milieubeheervergunning / omgevingsvergunning hebben vanwege de beperkte afstand tot woonhuizen van derden, gaan vallen onder de werking van het Activiteitenbesluit; de vergunning komt te vervallen. Met name de voorschriften over de belichting zijn in de vergunning veelal soepeler. De bestaande vergunningsvoorschriften blijven wel van kracht voor deze bedrijven i.p.v. de regels van het Activiteitenbesluit (tot 1 januari 2016).

4. Afscherming in de nanacht is nog steeds nodig.

De regels zijn echter anders geformuleerd zodat er meer mogelijkheden zijn om 74% afscherming in de nanacht (de periode na de donkerteperiode tot zonsopgang) te bereiken. Het is echter wel raadzaam om creatieve oplossingen af te stemmen met de gemeente of de milieudienst. Maar creatieve oplossingen worden wel mogelijk gemaakt; de gemeente kan zelfs op verzoek maatwerkvoorschriften opstellen waarbij een lager percentage dan 74% wordt toegestaan.

5. Gevelafscherming blijft noodzakelijk.

Van zonsondergang tot zonsopgang moeten de gevels van kassen waarin assimilatiebelichting wordt toegepast worden afgeschermd. Op een afstand van 10 meter van de gevel moet ten minste een reductie van 95% plaatsvinden. Bovendien mogen de lampen zelf buiten het bedrijf niet zichtbaar zijn.



## 11.4 LED-verlichting

De werking van een LED-lamp, inclusief koeling, staat uitgelegd in de volgende internetsite.  
[http://eenvoudigenergiebesparen.nl/wp-content/files\\_mf/whitepaperledverlichting.pdf](http://eenvoudigenergiebesparen.nl/wp-content/files_mf/whitepaperledverlichting.pdf)

## 11.5 Cyclische (afwisselende) belichting

Afwisselend per afdeling worden de planten elk half uur 6 minuten belicht om dan weer 24 minuten in het donker te laten staan. Dit wordt o.a. bij snijchrysanten `s winters toegepast om de groei te verbeteren.

Meer informatie en resultaten van proeven met cyclische belichting staat in de volgende internetsite:  
<http://edepot.wur.nl/13448>

Met cyclische belichting met een spaarlamp komt de groei van de planten echter iets trager op gang dan met de normale gloeilamp en voor de gewenste strekking moet langer worden belicht zowel in minuten als in uren als in dagen in vergelijking met een gloeilamp.

De hoeveelheid verrood licht lijkt vooral de strekking te triggeren. De verhouding rood:verrood lijkt niet van belang als er maar een drempelwaarde verrood licht aanwezig is. De hoogte hiervan is echter nog niet precies bekend, maar ligt in de buurt van de  $0,8 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ . Het aarbeienras 'Sonata' heeft een relatief grotere koudebehoefte dan het ras 'Elsanta'. Dit is wellicht op te lossen met een intensievere cyclische belichting.

Informatie met uitleg over een mogelijk toekomstige rendabele aardbeienteelt onder LED-belichting staat in het volgende bestand.

<http://www.lemnislighting.com/pdf/20100621%20LEDs%20als%20stuurlicht%20bij%20aardbeien%20-%20Proeftuinnieuws%20Proefcentrum%20Hoogstraten.pdf>

Over de controle en de verschillende soorten onderhoud van de assimilatielampen staat veel informatie in de volgende internetsite.

<http://www.hortisecur.nl/fileadmin/template/main/attribs/img/assimilatiebelichting.pdf>

Hieruit blijkt dat voor de beste meting van verminderde lichtsterkte van de bollen in de armaturen wordt gedaan aan de hand van metingen aan condensatoren.

## 11.6 Meten van condensatoren - laatste wijzigingen: 20 januari 2014

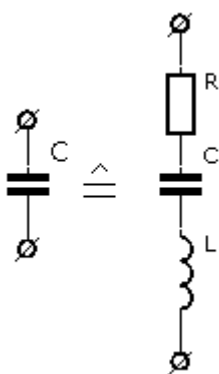


Fig. 132 Condensator model





Er zijn meerde methodes om de capaciteit van condensatoren te bepalen, waarvan er hier een aantal beschreven zullen worden. Ook kan de ESR (inwendige serieweerstand) van elco's bepaald worden.

Een condensator heeft naast zijn belangrijkste eigenschap: de capaciteit, ook parasitaire eigenschappen. De belangrijkste hiervan zijn de serieweerstand en de zelfinductie die eveneens in serie met de capaciteit staat. Het model van een condensator met zijn parasitaire componenten staat hiernaast afgebeeld. In dit model is de lekweerstand welke parallel aan deze serieschakeling is geschakeld niet meegenomen. Deze is in de meeste gevallen verwaarloosbaar. De lekweerstand kan gemeten worden met de DC weerstand meetmethode.

Met de hier beschreven meetmethodes kunnen de capaciteit en serieweerstand gemeten worden. Om ook de parasitaire zelfinductie te meten moet en andere meetmethode worden toegepast die beschreven staat in het artikel: Parasitaire eigenschappen.

### Meten met een blok golf

Door een condensator aan te sluiten op een blok golf generator ontstaat een karakteristieke spanningsvorm over de condensator. Uit de spanningsvorm is de capaciteit en inwendige weerstand af te leiden.

### Meetopstelling

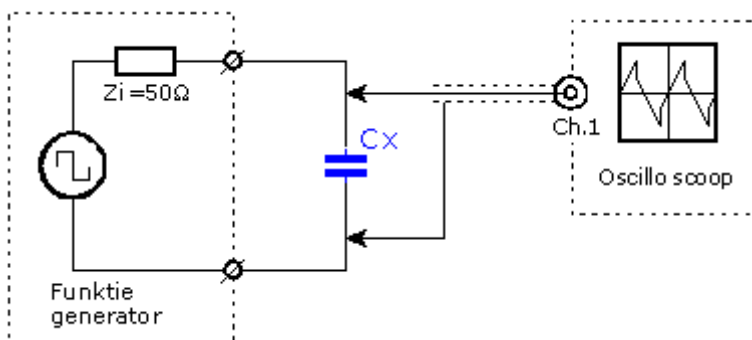


Fig. 133: Meetopstelling: capaciteit meten met een blokspanning.

Hiernaast is het meetschema weergegeven. De te meten condensator wordt direct aangesloten op de uitgang van de functiegenerator die een blok golf levert. Met en oscilloscoop wordt de spanning over de condensator gemeten. De functiegenerator wordt op zijn maximale uitgangsspanning gezet, en de frequentie wordt zodanig ingesteld dat de spanning over de condensator laag blijft. Op deze manier staat bijna de volledig spanning over de inwendige weerstand van de functiegenerator. De condensator is zo als het ware aangesloten op een stroombron. De stroom is:

$$I := \frac{U_{gen}}{R_i} = \frac{10 \text{ Vt}}{50 \Omega} = 200 \text{ mA}$$

De spanning  $U_{gen}$  is de topwaarde van de open klemspanning van de generator. De generatorspanning wordt meestal aangegeven in de top-top waarde bij een belasting van  $50 \Omega$ . De onbelaste topwaarde is dus gelijk aan de belaste top-top spanning.



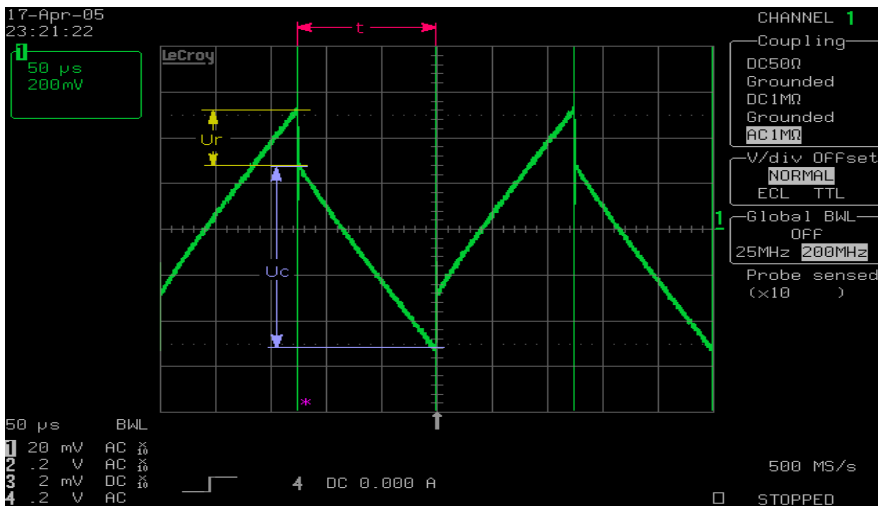


Fig. 134: Oscilloscoop afdruk van een capaciteitsmeting aan een 33  $\mu\text{F}$ , 63 V ELCO met een blokspanning.

### Capaciteit

Op de schermafbeelding van figuur 134 zijn lineair toenemende en afnemende spanningen te zien. De amplitude is in blauw aangegeven met  $U_C$ . Deze spanningsverandering duurt een zeker tijd  $t$ , rood gemerkt. Met deze gegevens is de capaciteit te berekenen:

$$C := \frac{I \cdot t}{U_C} = \frac{0,2 \text{ A} \cdot 125 \cdot 10^{-6} \text{ s}}{0,82 \text{ V}} = 30,4 \mu\text{F}$$

### Inwendige weerstand

In een gele kleur is de spanningsprong  $U_R$  aangegeven. Deze spanningsprong wordt veroorzaakt door de inwendige weerstand als gevolg van het ompolen van de stroom. De stroom verandert hier van  $-0,2 \text{ A}$  naar  $+0,2 \text{ A}$ , dit is dus een stroomsprong van  $0,4 \text{ A}$ . Met deze gegevens is de weerstand uit te rekenen:

$$R_C := \frac{U_R}{\Delta I} = \frac{0,24 \text{ V}}{2 \cdot 0,2 \text{ A}} = 0,6 \Omega$$

### Zelfinductie

Met deze meetmethode is de zelfinductie niet te achterhalen. Wel zijn de gevolgen van de zelfinductie merkbaar als spikes in het scoopbeeld. Een van deze spikes is gemerkt met een sterretje.

### Metten met een sinus

Bij deze methode wordt de onbekende condensator opgenomen in een halve brug welke gevoed wordt door een sinusgenerator. Uit de gemeten spanningen en faseverschuiving kan de capaciteit en inwendige weerstand bepaald worden.

### Beperkingen

Condensatoren zijn redelijk ideale componenten. De inwendige serieweerstand is normaliter zeer klein evenals de capaciteit. Om zowel de capaciteit als de inwendige serieweerstand met enige nauwkeurigheid te kunnen meten moet de meetfrequentie zodanig gekozen worden dat de reactantie en weerstand niet te ver uiteen liggen. De faseverschuiving tussen de condensatorspanning en spanning over de reactantie ligt dan rond de  $45^\circ$ . Dit houdt in dat de meetfrequentie zeer hoog gekozen moet worden, tientallen tot honderden MegaHertz. Bij deze frequenties heeft de serie-zelfinductie van de condensator een dominante invloed



waardoor de meting waardeloos wordt. Alleen ELCO's, die een relatief hoge capaciteit hebben in combinatie met een relatief grote ESR kan de meetfrequentie binnen bruikbare grenzen gehouden worden. Bij andere condensatoren blijft de meting beperkt tot het registreren van de capaciteit.

Er worden twee voorbeelden gegeven: Eén voor het bepalen van alleen de capaciteit welke ook geschikt voor metingen aan kleine capaciteiten. Het tweede voorbeeld bepaalt zowel de capaciteit als de inwendige weerstand, welk toepasbaar is voor ELCO's.

### De meetopstelling

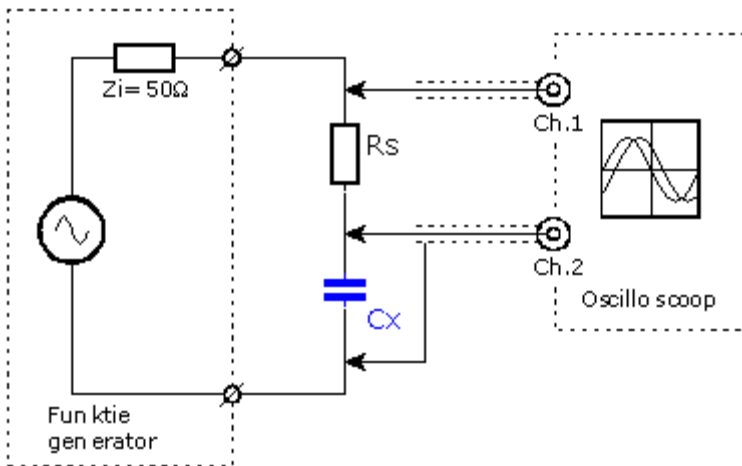


Fig. 135: Meetopstelling: capaciteit meten met sinusspanning. De stroom wordt gemeten met behulp van de shuntweerstand  $R_s$ .

In figuur 135 is de meetopstelling afgebeeld. Dit is een halve-brug schakeling bestaande uit de weerstand  $R_s$  en de onbekende condensator  $C_x$ . Met behulp van een twee kanaals oscilloscoop wordt de spanning over de brug en de spanning op het knooppunt gemeten, alsmede de faseverschuiving tussen deze twee spanningen. Om ook de inwendige serieweerstand nauwkeurig te kunnen meten is het van belang dat de probe van kanaal 2 zo dicht mogelijk op de condensator wordt geplaatst. De weerstand  $R_s$  moet ongeveer van dezelfde orde grootte zijn als de impedantie van de te meten condensator.

### Methode 1: Meting capaciteit

De eerste methode beschrijft het meten van kleinere capaciteiten waarbij de serieweerstand verwaarloosd wordt.

### Rekenmodel

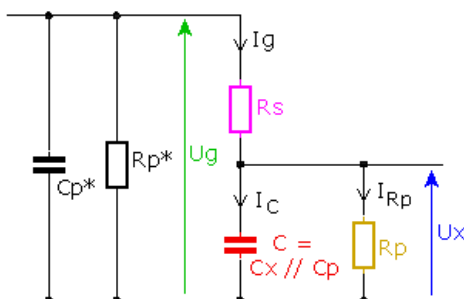


Fig. 136 Rekenmodel.



In figuur 136 staat het rekenmodel getekend dat gebruikt wordt voor het berekenen van de capaciteit  $C_x$ . Het bijbehorende vectordiagram is weergegeven in figuur 6. Bij deze meting is de reactantie van de condensator relatief hoog. De ohmse serieweerstand valt hierbij in het niets en is daarom ook niet opgenomen in het model.

Parallel aan de te meten condensator staat de probe. Deze heeft een capaciteit  $C_p$  en een ohmse weerstand  $R_p$ . In het model zijn de probe capaciteit  $C_p$  en  $C_x$  samen genomen. Deze vervangingscapaciteit in het model heet  $C$ . Omdat  $C_p$  (evenals  $R_p$ ) bekend zijn kan eenvoudig de onbekende capaciteit achterhaald worden.

De stroom wordt gemeten met behulp van  $R_s$ . De waarde van deze weerstand moet in de buurt liggen van de reactantie van de te meten condensator en is dus afhankelijk van de meetfrequentie en de capaciteit:

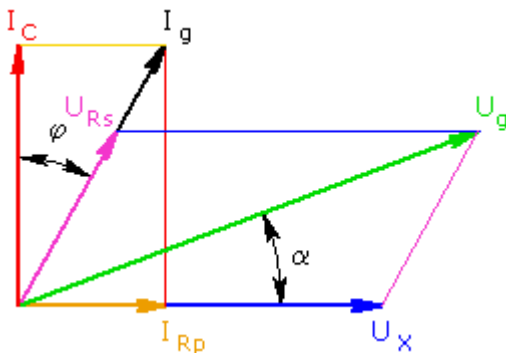


Fig. 137 Vectoren.

$$R_s \approx X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Bij een capaciteit van 100 pF en een meetfrequentie van 50 kHz moet  $R_s$  ongeveer 33 kΩ bedragen. Bij een onbekende capaciteit moet  $R_s$  empirisch bepaald worden. Door dan met de frequentie te spelen kan de reactantie ingesteld worden. De probe die de klemspanning van de generator  $U_g$  meet belast wel de generator maar heeft verder geen invloed. Deze probe wordt hier vertegenwoordigd door  $C_p^*$  en  $R_p^*$ .

### Verwerken meetdata

Figuur 138 laat het resultaat van een meting aan een 100 pF condensator zien. Aan de hand van deze meting wordt getoond hoe de meetresultaten verwerkt moeten worden. Gemeten is de generatorspanning  $U_g$  (5,076 V), de spanning over de condensator  $U_x$  (3,242 V), de faserelatie tussen deze twee spanningen  $\alpha$  (48,89 °) en de frequentie  $f$  (50 kHz). De weerstand  $R_s$  heeft een waarde van 33 kΩ, de probe capaciteit  $C_p$  bedraagt 12 pF.

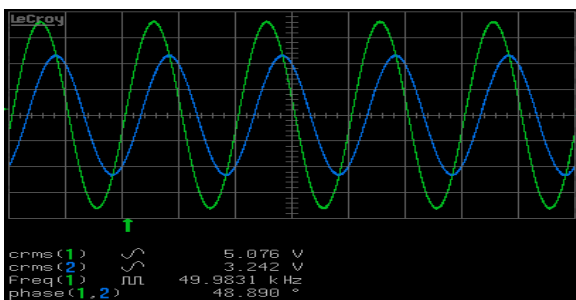


Fig. 138 Meting aan een 100 pF keramische condensator.



Hieruit kan de spanning over de stroommeetweerstand  $R_s$  worden berekend:

$$U_{R_s} := \sqrt{(U_g \cdot \cos(\alpha) - U_x)^2 + (U_g \cdot \sin(\alpha))^2} \\ = 3.826 \text{ V}$$

En daarmee de generatorstroom:

$$I_g := \frac{U_{R_s}}{R_s} = 115.93 \text{ } \mu\text{A}$$

De verlieshoek  $\phi$  (met betrekking op de parallel weerstand):

$$\phi := \arccos\left(\frac{U_g \cdot \sin(\alpha)}{U_{R_s}}\right) = 1.43 \text{ deg}$$

De reactantie van de totale capaciteit:

$$X_c := \frac{U_x}{I_g \cdot \cos(\phi)} = 27.974 \text{ k}\Omega$$

De totale capaciteit is dan:

$$C_t := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = 113.789 \text{ pF}$$

Om de onbekende capaciteit te berekenen wordt ten slotte de probecapaciteit van het totaal afgetrokken:

$$C_x := C_t - C_p = 101.789 \text{ pF}$$

## Method 2: Meting capaciteit & inwendige weerstand

De tweede methode beschrijft een meting die geschikt is voor het meten van grotere capaciteiten waarbij tevens de inwendige weerstand, ESR, bepaald moet worden. Deze methode is dus met name geschikt voor het meten van ELCO's.

### Rekenmodel

In figuur 140 staat het rekenmodel afgebeeld met in figuur 9 het bijbehorende vectordiagram.  $C_x$  en  $R_x$  zijn hier respectievelijk de capacitieve en ohmse component van de te meten condensator. Met behulp van de weerstand  $R_s$  wordt de stroom gemeten. Deze weerstand heeft hier een laagohmige waarde zijn omdat bij deze meting de impedantie laagohmig moet zijn om de inwendige weerstand te kunnen bepalen.

De probe capaciteit en ohmse weerstand kunnen bij deze meting verwaarloosd worden.

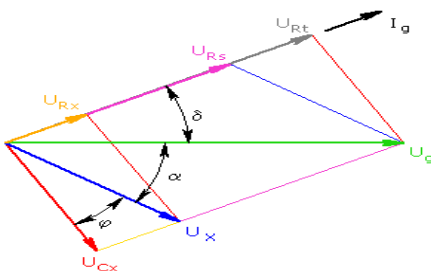


Fig. 139: Vectoren.



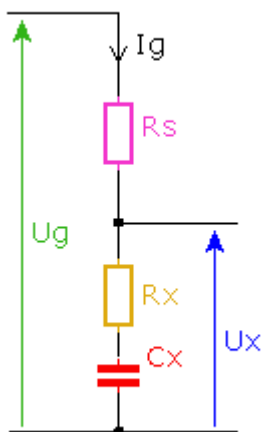


Fig. 140: Rekenmodel.

### Verwerken meetdata

Aan de hand van een meting aan een  $100\ \mu\text{F}$ ,  $16\ \text{V}$  ELCO wordt getoond hoe de capaciteit en inwendige weerstand berekend kunnen worden aan de hand van de verkregen meetgegevens. De scoopafbeelding in figuur 10 laat de meting zien. De gemeten generatorspanning  $U_g$  is  $417\ \text{mV}$ , de condensatorspanning  $U_x$   $291\ \text{mV}$ , de faserelatie tussen deze twee spanningen  $\alpha\ 31,18^\circ$  en de frequentie  $f$  bedraagt  $700\ \text{Hz}$ . Bij deze meting had  $R_s$  een waarde van  $2,2\ \Omega$ .

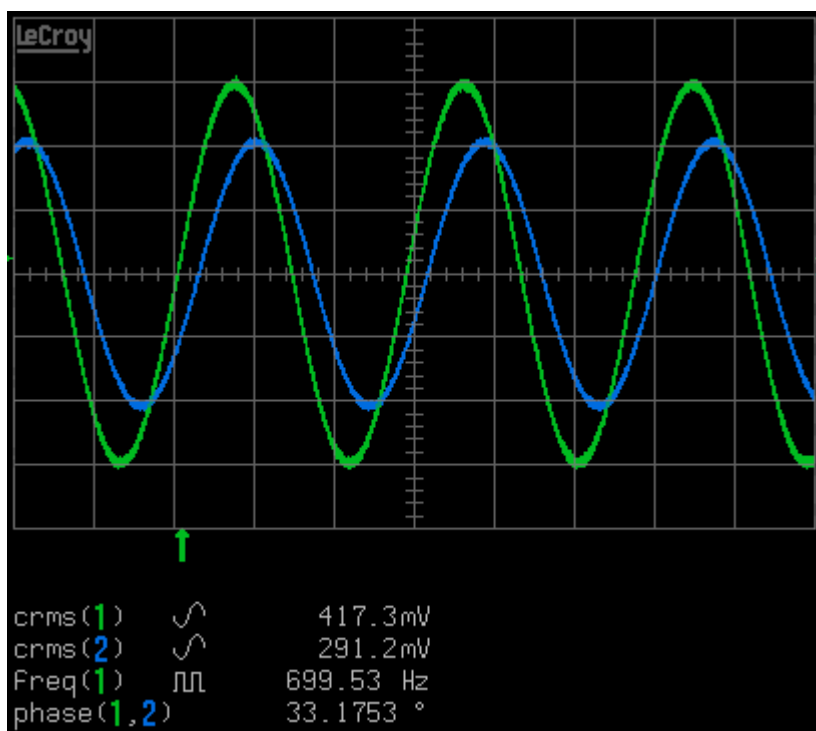


Fig. 141: Meting aan een  $100\ \mu\text{F}$ ,  $16\ \text{V}$  ELCO.



Aan de hand van de gemeten spanningen  $U_g$  en  $U_x$  en de faserelatie  $\alpha$  kan de spanning over de weerstand  $R_s$  berekend worden:

$$U_{R_s} := \sqrt{(U_g - U_x \cdot \cos(\alpha))^2 + (U_x \cdot \sin(\alpha))^2} \\ = 0.235 \text{ V}$$

En hiermee de stroom door de keten:

$$I_g := \frac{U_{R_s}}{R_s} = 0.107 \text{ A}$$

De verlieshoek:

$$\phi := 90 \text{ deg} - \left( \alpha + \arccos\left(\frac{U_g - U_x \cdot \cos(\alpha)}{U_{R_s}}\right) \right) \\ = 14.262 \cdot \text{deg}$$

De spanning over het capacitieve deel:

$$U_{C_x} := U_x \cdot \cos(\phi) = 0.282 \text{ V}$$

De reactantie:

$$X_c := \frac{U_{C_x}}{I_g} = 2.635 \ \Omega$$

De capaciteit:

$$C_x := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = 86.285 \ \mu\text{F}$$

De spanning over het ohmse aandeel:

$$U_{R_x} := U_x \cdot \sin(\phi) = 0.072 \text{ V}$$

De ohmse serieweerstand van de condensator is dan:

$$R_x := \frac{U_{R_x}}{I_g} = 0.67 \ \Omega$$

Als laatste nog een opmerking bij dit meetvoorbeeld. Te zien is dat de verlieshoek  $\phi$  ongeveer  $14^\circ$  bedraagt. Het verschil in de reactantie en ohmse weerstand is dan ook relatief groot. Dit betekent dat de capaciteit nauwkeuriger bepaald kan worden dan de serieweerstand. Wil men de ESR nauwkeuriger bepalen dan zal de meetfrequentie aangepast moeten worden om de verlieshoek groter te maken.





## Meetopstelling

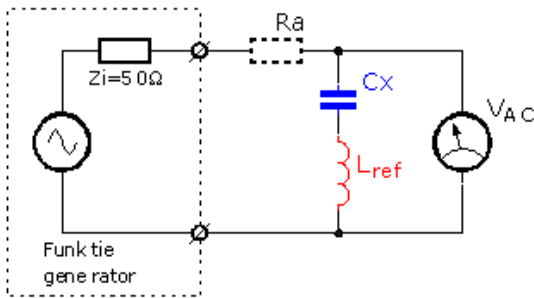


Fig. 142: Meetopstelling resonantie meting.

Op de frequentiegenerator wordt de serieschakeling van de onbekende condensator en de referentie spoel aangesloten. Over de zo ontstane resonantiekring wordt de spanning gemeten met een wisselspanningsvoltmeter. De meeste spanningsmeters zijn niet geschikt voor zeer lage of hoge frequenties. In dat geval kan gebruik worden gemaakt van een piek-detector.

Als de resonantiekring een hoge DC-weerstand bezit is het mogelijk dat de resonantiefrequentie niet goed gevonden kan worden. In dat geval kan er een extra weerstand  $R_a$  in serie met de generator worden gezet.

### De meting

Met de frequentiegenerator loopt men langzaam het frequentiebereik door waar men de resonantiefrequentie verwacht. De resonantiefrequentie is merkbaar door een scherpe spanningsdip die op de voltmeter wordt afgelezen. Als de functiegenerator geen zuivere sinus levert kan het zijn dat ook op harmonischen van het signaal zwakke dip's worden gevonden. In dat geval moet verder worden gezocht naar de meest duidelijke dip.

Met de gevonden resonantiefrequentie  $f_0$  is de onbekende capaciteit te berekenen:

$$C_x := \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f_0)^2 \cdot L_{ref}} \quad (\text{F})$$

De inwendige weerstand van de condensator is met deze meting niet met grote zekerheid te bepalen. Ook al is de ohmse weerstand van de referentiespoel bekend, dan nog is de overgangsweerstand van spoel naar condensator een onbekende.

### Meetnauwkeurigheid

#### Invloed kabels en apparatuur

Zoals eerder opgemerkt wordt de meting beïnvloed doordat deze verbonden wordt met meetapparatuur. Wil men echt nauwkeurig meten dan zal er een model van de meetopstelling opgesteld moeten worden waarbij rekening wordt gehouden met de zelfinducties, weerstanden en capaciteiten van de meetapparatuur met kabels. Dit is vooral van belang bij hoge meetfrequenties.

#### Diëlektrische verliezen

Het diëlektricum van condensatoren is niet ideaal. Hierin treden verliezen op die worden teruggezien als ohmse verliezen. De diëlektrische verliezen zijn tevens frequentie en spannings afhankelijk.



### **Meting ELCO'**

Bij het meten van ELCO's moet er rekening worden gehouden dat deze altijd juist gepolariseerd zijn, er mag geen wisselspanning over deze condensatoren worden gelegd. Spanningen die negatief worden ten opzichte van de elco polariteit zullen tot foutieve meetresultaten kunnen leiden. Bij het uitgangssignaal van een functiegenerator kan meestal een offsetspanning worden toegevoegd. Op deze manier kan ervoor gezorgd worden dat de ELCO altijd de juiste polariteit ziet.

### **Parasitaire zelfinductie**

Bij de hier beschreven meetmethodes is het niet mogelijk om de parasitaire zelfinductie te meten. Hoe deze, en ook de frequentie afhankelijke ohmse weerstand wel gemeten kan worden, staat beschreven bij: Parasitaire eigenschappen.



## Hoofdstuk 12. CO2 – systemen

### 12.1 Wet- en regelgeving

#### Brandkeuring

Installatie-eigenaren zijn verantwoordelijk voor de goede werking ten aanzien van veiligheid, milieu en rendement van hun installaties. De eisen hiervoor zijn opgenomen in het Activiteitenbesluit (zie Links).

Het Activiteitenbesluit bepaalt dat stook- en verwarmingsinstallaties minimaal éénmaal per vier jaren moeten worden geïnspecteerd op goede werking en dat bij afwijkingen onderhoud moet worden uitgevoerd, teneinde aan de voorschriften t.a.v. veiligheid en deugdelijke werking te blijven voldoen.

Het Activiteitenbesluit schrijft voor dat de wettelijk vereiste inspecties dienen te worden uitgevoerd door een SCIOS-gecertificeerde inspectie- en onderhoudsbedrijf o.a. Thermeta en Gevotec.

De Stichting Certificatie Inspectie en Onderhoud Stookinstallaties (SCIOS) onderhoudt een kwaliteitssysteem voor industriële stookinstallaties met een nominaal vermogen van 100 KW of meer, de SCIOS-Certificatieregeling.

De certificatieregeling is ontwikkeld op verzoek van en erkend door de Nederlandse overheid.

De kwaliteit van SCIOS-gecertificeerde inspectiebedrijven wordt gewaarborgd door accreditatie van de Certificatieregeling en door gespecialiseerde certificerende instellingen en opleidingsinstituten.

Installatiebedrijven die inspecties en onderhoud uitvoeren kunnen voor één of meerdere Scopes (werkgebieden) gecertificeerd zijn. De richtlijn is ingedeeld in zes scopes: atmosferische ketels, ventilatorbranders, stoomketels, warmtekrachtinstallaties, ovens, en het uitvoeren van NO<sub>x</sub>-metingen. Scope 7 is de keuring van gasleidingen.

De keuring aan de gasleiding (SCIOS scope 7) houdt het volgende in:

- A. Eerst dient er aan de gasleiding een uitgebreide keuring gedaan te worden, de Eerste of Bijzondere Inspectie (EBI) scope 7. Het rapport van deze EBI wordt het basisrapport van de installatie, aan de hand waarvan de volgende inspecties plaatsvinden.
- B. Na deze eerste inspectie dient er periodiek een Periodieke Inspectie (PI) scope 7 uitgevoerd te worden. De frequentie van deze inspectie is normaal gesproken 4 jaar.

Bij in bedrijf name van een nieuwe installatie wordt een Eerste Bijzondere Inspectie (EBI) uitgevoerd.

Tijdens de levensduur van een installatie worden de periodieke inspecties (PI) en het periodieke onderhoud (PO) uitgevoerd.

De SCIOS-certificatieregeling is een kwaliteitsmanagementsysteem voor het uitvoeren voor inspectie- en onderhoudswerkzaamheden aan technische installaties, waar thans stookinstallaties en elektrische installaties en arbeidsmiddelen toe behoren. De SCIOS-certificatieregeling is erkend door de Raad voor Accreditatie. Bedrijven die volgens de SCIOS-regeling zijn gecertificeerd tonen daarmee aan dat de inspectie- en onderhoudswerkzaamheden op hoog kwaliteitsniveau worden uitgevoerd. De borging van de kwaliteit vindt plaats door periodieke controle van het kwaliteitsmanagementsysteem, van de kennis en vaardigheid



van de inspecteurs en op de calibratie van de meetapparatuur, dit alles uitgevoerd door een voor SCIOS geaccrediteerde Certificerende Instelling.

### **Stookinstallaties**

Wanneer een installatie-eigenaar een bedrijf met SCIOS-certificaat selecteert voor het uitvoeren van inspectie- en onderhoudswerkzaamheden aan zijn installaties, dan heeft hij de zekerheid dat de installatie voor wat betreft veiligheid, milieu, energieverbruik en bedrijfszekerheid in optimale conditie blijft. Voorts kan de installatie-eigenaar met de rapportage van de werkzaamheden aantonen, dat hij zijn installatie op verantwoorde wijze laat inspecteren en onderhouden. Voor stookinstallaties is dit van belang, omdat vanuit de Milieuwet een periodieke keuring van stookinstallaties, inclusief de brandstoftoevoerleiding, verplicht wordt gesteld, evenals een meting van de emissiewaarden in de verbrandingsgassen van de stookinstallatie. Deze inspectie en meting mogen alleen worden uitgevoerd door een bedrijf dat in het bezit is van een SCIOS-certificaat. Dit is voorgeschreven in het Activiteitenbesluit en de Activiteitenregeling. In het kader van deze wettelijke verplichting heeft SCIOS een afmeldsysteem ontwikkeld, waarin de SCIOS-gecertificeerde bedrijven de uitgevoerde inspecties moeten afmelden. De Handhavers (lokale, regionale en provinciale milieudiensten) hebben inzage in dit systeem en kunnen zien bij welke bedrijven, inspecties, metingen en onderhoud aan de stookinstallaties zijn uitgevoerd en bij welke niet. De uitvoering van de handhaving (bedrijfsbezoek) wordt hierop afgestemd.



Fig. 143

Op grond van de Wet milieubeheer worden voor stookinstallaties eisen gesteld aan een goede verbranding, veiligheid en energiezuinigheid. Het Besluit Emissie-eisen Middelgrote Stookinstallaties (BEMS) geeft voorschriften voor keuring en onderhoud van stook- en verwarmingsinstallaties.

De regelgeving wordt veelal de SCIOS-regelgeving genoemd, aangezien de SCIOS (Stichting Certificatie Inspectie en Onderhoud Stookinstallaties) het kwaliteitssysteem beheert, waaraan SCIOS-gecertificeerde bedrijven door de geaccrediteerde instellingen beoordeeld worden.

Gevotec is specialist op het gebied van keuringen en inspecties aan stookinstallaties, waaronder gasgestookte cv-ketels, olieketels en heaters. Gevotec is conform SCIOS gecertificeerd onder registratienummer R 203.

Met ingang van 1 januari 2008 zijn de meeste 8.40 Wet milieubeheer AMVB's vervangen door het Besluit algemene regels inrichtingen milieubeheer, oftewel het Activiteitenbesluit.

Met ingang van 1 april 2010 is het Besluit Emissie-eisen Middelgrote Stookinstallaties in werking getreden. Deze vervangt het Activiteitenbesluit. Qua verplichting van inspectie en onderhoud aan stookinstallaties voor het verwarmen van gebouwen verandert er weinig.



Met ingang van 1 januari 2013 is het BEMS in het nieuwe activiteitenbesluit opgenomen. Hierover staat meer informatie in het volgende bestand: glastuinbouw\_milieu\_-\_editie\_5.pdf

**Kort samengevat is de regelgeving op dit moment als volgt:**

Voor de branches waar geen milieuvergunning op van toepassing is, geldt de regelgeving voor gasgestookte stookinstallaties met een nominaal vermogen van meer dan 100kW. Dit betreft toestellen van meer dan 100kW, maar ook cascadeopstellingen met een gezamenlijk vermogen van meer dan 100kW. Verder is nu ook de brandstoftoevoer keuring plichtig.

**De nieuwe regelgeving heeft de volgende verplichtingen:**

- Eenmaal een keuring met basisrapport voor het stooktoestel en een keuring met basisrapport voor de brandstofleiding. De reeds bestaande basisrapporten voor het stooktoestel blijven geldig. Een rapport voor de brandstoftoevoer zal alsnog gemaakt dienen te worden.
- 1-4 jaarlijks een Periodieke Inspectie op het stooktoestel; dit wordt in het basisverslag bepaald. Dit kan aangepast worden bij de eerstvolgende keuring.
- 4 jaarlijks een Periodieke Inspectie op de brandstof- en/of gasleiding.
- Onderhoud volgens voorschriften fabrikant.
- Voor olie gestookte installaties (olieketels) is de regelgeving van toepassing bij een nominaal vermogen van meer dan 20kW. Ook hier is de olieleiding keuring plichtig.

De nieuwe regelgeving heeft de volgende verplichtingen:

- Eenmaal een keuring met basisrapport voor het stooktoestel en een keuring met basisrapport voor de brandstofleiding. De reeds bestaande basisrapporten voor het stooktoestel blijven geldig. Een rapport voor de olieleiding zal alsnog gemaakt dienen te worden.
- 1-2 jaarlijks een Periodieke Inspectie op het stooktoestel; dit wordt in het basisverslag bepaald. Dit kan aangepast worden bij de eerstvolgende keuring.
- 2 jaarlijks een Periodieke Inspectie op de brandstof-/gasleiding
- Onderhoud volgens voorschriften fabrikant.

Meer informatie over allerlei keuringen staat vermeld in de volgende internetsite.

<http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/stookinstallaties/kleine-middelgrote/keuring-derhoud/#Keuringsplichtigestookinstallaties>

**Glastuinbouw maakt nieuwe afspraak met overheid over lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot**

(31 januari 2012)

De CO<sub>2</sub>-uitstoot van de glastuinbouw daalt in de periode 2013 tot en met 2020 met ruim 20 procent tot 6,2 Megaton per jaar. Dat staat in een nieuwe afspraak tussen LTO Nederland, LTO Glaskracht Nederland, Productschap Tuinbouw en de ministeries van Infrastructuur en Milieu, van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie en van Financiën.

De vaststelling van de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-limiet is het sluitstuk van de ontwikkeling van het CO<sub>2</sub>-sectorsysteem glastuinbouw. Tot grote tevredenheid van sector en overheid, kan dit systeem nu in de praktijk van start, na jaren van voorbereiding. Ze geven hiermee een vervolg aan eerdere afspraken tussen sector en overheid die tot dusver ervoor zorgden dat de glastuinbouw in 2010 ruimschoots de doelen voor lagere CO<sub>2</sub>-emissie haalde.



### Daling CO<sub>2</sub>-uitstoot

Via het CO<sub>2</sub>-sectorsysteem zal de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de glastuinbouw jaarlijks dalen tot het doel van 6,2 Megaton per jaar in 2020. De vastgestelde sectorale emissieruimte wordt over individuele tuinbouwbedrijven verdeeld. Hun individuele emissieruimte neemt ieder jaar met circa 3% af. Slagen ze er in hun individuele emissie verder te verminderen, dan krijgen ze die extra reductie financieel beloond. Te hoge CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt onderling verrekend tussen bedrijven. Wanneer de CO<sub>2</sub>-uitstoot van alle bedrijven samen hoger is dan de jaarlijkse sectorale limiet, dan betalen ondernemers voor de overschrijding aan de overheid.

### Groene groei

Overheid en bedrijfsleven vinden invoering van prikkels voor energieverduurzaming en innovatieve energiesystemen op bedrijfsniveau van groot belang voor groene groei. Het CO<sub>2</sub>-sectorsysteem past hier perfect bij en draagt bij aan het halen van het Nederlandse CO<sub>2</sub>-doel. De overheid zal zich dan ook bij de Europese Commissie blijven inzetten voor een verlaagd energiebelastingtarief in de glastuinbouw.

De glastuinbouw nam het initiatief om het CO<sub>2</sub>-sectorsysteem samen met de overheid uit te werken. De overtuiging is dat dit de meest efficiënte en effectieve manier is om aan CO<sub>2</sub>-reductie te werken binnen de dynamische sector. De ondernemer kan zelf kiezen om te investeren in CO<sub>2</sub>-reductie of om te betalen voor een te hoge CO<sub>2</sub>-emissie. De sector vindt CO<sub>2</sub>-emissiereductie noodzakelijk voor het behoud en de versterking van de concurrentiepositie van de glastuinbouwsector en als weerwoord tegen hoge energieprijzen.

Voor meer informatie neemt u contact op met Geert Pinxterhuis, telefoonnummer 079 - 34 70 651 of e-mail [g.pinxterhuis@tuinbouw.nl](mailto:g.pinxterhuis@tuinbouw.nl).

### Groen Label Kas

Veel informatie over de voorwaarden en eisen aan een Groen Label Kas staat beschreven in de volgende internetsite: <http://relatiemail.pleinplus.nl/documents/10180/2483201/3301-certificatieschemaGLK.pdf/acb945e2-b6ab-4128-9e78-38c8280f3df6>

Berekening CO<sub>2</sub> dosering (kg/m<sup>3</sup>)

Verbrandingsreactie

Berekening % CO<sub>2</sub> in rookgas

1 mol CH<sub>4</sub> + 2 mol O<sub>2</sub> levert 1 mol CO<sub>2</sub> + 2 mol H<sub>2</sub>O op.

1 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> weegt 830 g = 830:16 = 51,875 mol CH<sub>4</sub>

51,875 mol CH<sub>4</sub> reageert met 103,75 mol O<sub>2</sub> tot 51,875 mol CO<sub>2</sub> en 103,75 mol H<sub>2</sub>O

103,75 mol O<sub>2</sub> = 103,75 × (2×16) = 3320 g O<sub>2</sub>

3320 g O<sub>2</sub> bevindt zich in 5×3320 = 16600 g lucht

16600 g lucht komt overeen met 16,6 kg:1,293 kg = 13,3979 m<sup>3</sup> lucht deze lucht wordt door de ventilator in de brander aangezogen

51,875 mol CO<sub>2</sub> = 51,875 × (12+2×16) = 2282,5 g = 2,2825 kg CO<sub>2</sub>

totaal volume per m<sup>3</sup> aardgas = 1 + 13,3979 = 14,3979 m<sup>3</sup> luchtmengsel (brander+vuurgang)

14,3979 m<sup>3</sup> = 14,3979 × 1,293 = 18,61648 kg luchtmengsel



dosering  $\text{CO}_2 = 2,2825 : 18,61648 = 0,1226 = 12,26 \% \text{CO}_2 = 122.606 \text{ ppm CO}_2$  in rookgaslucht

Berekening volume  $\text{H}_2\text{O}$  per  $\text{m}^3 \text{CH}_4$

Bij het doseren van  $\text{CO}_2$  wordt dan ook veel zuivere lucht gemengd met rookgaslucht om te voorkomen dat de  $\text{CO}_2$  concentratie niet te veel fluctueert ofwel schommelt.

Opbrengst  $\text{H}_2\text{O} = 103,75 \text{ mol H}_2\text{O} \times 18 = 1867,5 \text{ g H}_2\text{O} = 1,8675 \text{ kg}$ :  $1,1 \text{ kg} = 1,6977 \text{ L} = 1,7 \text{ L H}_2\text{O}$

Omdat het water ijzerhoudend is, is de dichtheid van dit soort water vermoedelijk  $1,1 \text{ kg/Liter}$  (iets groter dan  $1,0 \text{ kg/L}$ ). Aangezien het water kokend heet is, zal de werkelijke opbrengst minder dan  $1,5 \text{ L H}_2\text{O} / \text{m}^3$  aardgas zijn. Veel heet water verdampt in de pot onder de condensor.

## 12.2 Berekening $\text{CO}_2$ –druksystemen

### Nalopen $\text{CO}_2$ -verdeelsysteem fluitje van een cent

"Zolang de ramen gesloten zijn, kunt u ook met een niet helemaal goed werkend  $\text{CO}_2$ -verdeelsysteem best resultaat boeken met rookgas doseren. Zodra echter de ramen opengaan moet het systeem optimaal in orde zijn om het volledige rendement uit de investering in een unit, een warmtebuffer en een verdeelsysteem te halen. Kleine oorzaken hebben soms grote gevolgen. Eén keer in de maand de installatie even een uurtje nalopen, voorkomt veel onkosten. Tijdens een rondgang langs de installatie van een tomatenteler vertelt John van de Ven,  $\text{CO}_2$ -specialist bij DLV Bouw, Milieu en Techniek hoe de teler zelf regelmatig het functioneren kan controleren. De elektromotor die de ventilator van de  $\text{CO}_2$ -unit aandrijft, zit aangesloten op krachtstroom. Dat betekent dus drie stroomdraden. Als de installateur twee draden verwisselt, draait de motor wel, maar in de verkeerde richting. De unit maakt dan lawaai en er komt veel te weinig lucht uit de leiding. Helaas komt deze vergissing regelmatig voor.

Ter controle boort Van de Ven na de ventilator een gat in de leiding en steekt daar een luchtsnelheidsmeter door. Uit de gemeten snelheid en de diameter van de leiding berekent hij de hoeveelheid lucht die wordt verplaatst. Soms doet hij de meting ook aan het begin van de verdeelleiding, als er daar meer van zijn. Hij kan dan berekenen of er door de verschillende leidingen wel evenveel rookgassen gaan. De teler kan ook zelf een meting uitvoeren met een eenvoudige drukmeter van een stukje doorzichtige slang, een injectienaald en een meetlatje. De druk bij de unit moet minimaal tussen 25 en 30 centimeter waterkolom (cmwk) zijn. Een keer per jaar meten is voldoende om te bepalen of zich in de leidingen condenswater heeft opgehoopt. De rookgassen komen uit de ketel (condensor) en gaan normaal via de schoorsteen naar buiten. Een speciale klep voorkomt dat, en leidt de gassen naar de unit. "Helaas staat die klep soms open of op een kier. In dat geval wordt vooral omgevingslucht in de kas geblazen en verdwijnt de  $\text{CO}_2$  naar buiten", merkt van de Van op. Even een keer controleren dus, zelfs een losgeraakt boutje kan de oorzaak zijn. Minder bochten leidt tot minder drukverlies. Het is beter te kiezen voor twee keer een 45 graden-bocht dan voor een keer 90 graden. Dat levert minder drukverlies op en dus meer rookgassen in de kas. Het onderhoud van de  $\text{CO}_2$ -detector hoort thuis bij het jaarlijkse onderhoud van de ketelbrander. De goede werking is te testen door een brandende sigaret vlak bij de meting te houden. De detector moet een storingsmelding geven. Wel even resetten na afloop! Bij sommige telers worden de detectiegrenzen nog wel eens wat ruimer gezet als de detector te vaak op storing staat. 'Dat is gevaarlijk, omdat er dan niets aan de oorzaak van het probleem wordt gedaan', waarschuwt Van de Ven. Beter is het in dat geval de installateur te raadplegen. Via een verdeelleiding komt de  $\text{CO}_2$  bij de darmen of de doseerleidingen. Let bij de verdeelleiding goed op, of alle condenswater netjes wordt afgevoerd. Een borrelend geluid of een langzaam oplopende druk en dan weer





even niets, wijst op condens. Veel condens in de darmen betekent ook een verhoogde kans op condens in de leidingen. Bij bovengrondse verdeelingsleidingen kan de teler de afvoersyfonen controleren. Daar moet water in de zwanenhals zitten. Als er geen water zit is de syfon te kort, of droog door verdamping. Dat kan een teken zijn dat er minder rookgassen in dat deel van de leiding terechtkomen door een slechte verdeling, een lekkage of een blokkade. Ook kan het erop duiden dat er gewoon weinig condens in de rookgassen zit. Bij ondergrondse leidingen moet de pomp in het afvoerputje goed werken. Vlotters willen nog wel eens haperen. Vaak gebruiken telers smoorplaatjes om de druk in alle darmen gelijk te houden. "Voorals er meer verdeelingsleidingen zijn, wordt nog wel eens de fout gemaakt, dat de smoorplaatjes van leiding 1 bij leiding 2 terechtkomen en andersom", waarschuwt Van de Ven. Soms is een in spiegelbeeld gelezen tekening de oorzaak, of gewoon een vergissing van een monteur of de teler zelf. Soms worden de plaatjes ook in de verkeerde volgorde over de leiding verdeeld. "Monteer de plaatjes recht voor de leiding en lijm ze niet vast als dat niet echt noodzakelijk is", adviseert Van de Ven. Fouten zijn dan eenvoudig te herstellen. De druk in de darmen, leidingen of slangen moet door de hele kas zo gelijkmatig mogelijk zijn en mag door de kas 10 % variëren. De hoogte van de druk ligt meestal rond 6 tot 8 cmwk. Dat kan de teler met een injectienaald, een doorzichtige slang en een meetlatje weer eenvoudig controleren. Door een regelmatige controle (maandelijks) spoort hij lekkages, gescheurde darmen, condens en andere gebreken snel op. Het hart van de CO<sub>2</sub>-regeling zit bij de CO<sub>2</sub>-meter. Die moet in ieder geval droog hangen. Volgens de adviseur is in de kas een goede plaats, want dan heeft de teler een snelle meting. Meet die tijd eens op. Blaas in de aanzuigslang en controleer wanneer de meter uitslaat. U weet dan de reactietijd (maximaal twee minuten) en tevens of er geen condens in de aanzuigslang zit. Sla de meter maar een beetje uit, dan zuigt het pompje ergens kaslucht aan. Met ijk-gassen kan de teler minimaal een keer per jaar de meter ijken."

### 12.3 CO<sub>2</sub>-doseerinstallatie

#### Stappenplan voor controle en verbetering van de CO<sub>2</sub>-installatie

Controleer CO<sub>2</sub>-darmen op drukverdeling, door aan het eind van de darmen de druk te meten. Maak een plattegrondje van het bedrijf en schrijf daarin de gevonden waarden. Meet op minstens 20 plaatsen, verdeeld over het bedrijf. Uit het plaatje kan het volgende worden opgemaakt.

Verloopt de drukverdeling van voor naar achter met meer dan 2 cm waterkolom dan moeten waarschijnlijk smoorplaatjes worden gemonteerd. laat in dat geval het CO<sub>2</sub>-verdeelsysteem opnieuw berekenen

Het is ook mogelijk dat u verkeerde doseerdarmen heeft gemonteerd met meer gaatjes dan waarvoor het systeem is uitgerekend. De druk in het hele systeem is dan te laag (minder dan 4 cm waterkolom). Zie typen doseerdarmen.

Neemt de druk van voor naar achter eensklaps flink af dan zit er op die hoogte waarschijnlijk een verzakking in de hoofdleiding welke is volgelopen met condenswater.

Verschilt de druk in naast elkaar gelegen darmen sterk dan is dit waarschijnlijk te wijten aan vochtophoping in de darmen zelf. Dit valt ook te constateren uit een continue beweging van het water in de drukmeter. Het is echter ook mogelijk dat de druk wordt verminderd door scheuren in de darmen of door plantendelen die op de darmen liggen. Maak de CO<sub>2</sub>-darmen vrij en leg ze strak of vervang ze bij scheuren.



Is er een verschil in druk links en rechts van het pad dan komt dit waarschijnlijk doordat de ene hoofdleiding meer weerstand heeft dan de ander. Is een van de leidingen langer of zitten er meer bochten in? Zo ja, dan moet u een klep laten monteren die u handmatig zo kan verstellen dat de doorstroom weer gelijk is.

Controleer of de CO<sub>2</sub>-aanzuigslangen op de juiste plaats hangt. Dit is tussen het bovenste deel van het gewas. Hier is de fotosynthese immers het hoogst.

Controleer of de CO<sub>2</sub>-aanzuigslang niet lekt. Dit doet u door een zogenaamd nulpatroon aan de opening van de aanzuigslang vast te maken (zorg dat de verbinding niet lekt). Op de meter moet de concentratie nu teruglopen richting 0 ppm. Dit kan enkele minuten duren tot meer dan een kwartier bij gebruik van een multiplexer.

Ijk de CO<sub>2</sub>-meter, zowel met nulgaz (of nulpatroon) als met zogenaamd span-gaz met een concentratie van niet meer dan 1000 ppm. Ijk niet met buitenlucht, want de CO<sub>2</sub>-concentratie in de buitenlucht kan sterk variëren!

Controleer de aanzuigtijd. Dit doet u eenvoudig door vlak bij de aanzuigopening even uit te blazen en vervolgens op de CO<sub>2</sub>-meter te kijken wanneer het wijzertje oploopt. Is de aanzuigtijd meer dan 5 minuten dan is het verstandig deze te verkorten. Met name in de winter zal anders de CO<sub>2</sub>-concentratie te hoog oplopen omdat de dosering te laat wordt gestopt. De aanzuigtijd kan worden verminderd door:

- De aanzuigleiding te verkorten of
- Een extra aanzuigpomp in de leiding te plaatsen (controleer op lekkage).
- De CO<sub>2</sub>-meter in de afdeling te hangen (zorg voor een goede behuizing)
- Een multiplexer met driewegklepjes en continue aanzuiging te laten monteren in plaats van een multiplexer met tweewegklepjes
- Geen multiplexer te nemen, maar voor iedere afdeling een eigen CO<sub>2</sub>-meter

Controleer de capaciteit van het CO<sub>2</sub>-doseersysteem. Hoe u dit vaststelt wordt beschreven onder 'Vaststellen capaciteit CO<sub>2</sub>-doseersysteem'.

### **Vaststellen capaciteit CO<sub>2</sub>-doseersysteem**

Zet het CO<sub>2</sub>-doseersysteem aan. Verhoog de branderstand in kleine stapjes. Als krant (of stuk plastic) op de schoorsteen bol gaat staan dan is de branderstand te hoog.

Leg hier gasmeterstand naast. 1 m<sup>3</sup> aardgas geeft ca 1,8 kg CO<sub>2</sub>

### **Typen doseerdarmen**

Doseerdarmen zijn er in vele variaties. Het is van belang dat bij vervanging een gelijk type wordt gekozen waar de CO<sub>2</sub>-installatie op uitgerekend is.

Variaties zijn mogelijk in:

Diameter van de darm. Deze is er in 4 en 6 cm. De 6 cm versie is voor paden die langer zijn dan 40 m. Bij een 4 cm versie zou dan teveel drukverlies optreden om nog een goede CO<sub>2</sub>-verdeling te krijgen.

Vorm van de darm. De meesten zijn rond, maar er zijn ook typen met een flap er aan, waar de darm aan opgehangen kan worden. Voordeel hiervan is dat de gaatjes altijd netjes aan de onderzijde zitten, waardoor condenswater weg kan lopen.



Materiaal van de doseerdarm. Meestal is dat polyethyleen (PE), maar het kan ook een ander materiaal zijn. Vraag na wat de eigenschappen van het materiaal zijn. Sommige kunststoffen kunnen namelijk makkelijk scheuren.

Aantal gaatjes. Er zijn darmen met 2 gaatjes per afstand en met 4 gaatjes.

Diameter van de gaatjes. Deze is 0,8 of 1 mm. Verder komt er verschil voor qua nauwkeurigheid waarmee de gaatjes zijn geponst (of gebrand met een laser). Een homogene gatgrootte is van belang voor een goed verdeling.

### Pitotbuis

De pitotbuis is een instrument voor het meten van de druk in een gas- of vloeistofstroom. Het principe van deze meetmethode is gebaseerd op het verschil tussen de hydrostatische druk (piëzometrische hoogte) en de lading (hydrodynamisch) of de som van de statische druk en de druk veroorzaakt door de snelheid van de gas- of vloeistof (dynamische druk of stuwdruk).

Het instrument werd vernoemd naar Franse ingenieur Henri Pitot. Uit het drukverschil kan de snelheid van de stroom berekend worden.

### Werking

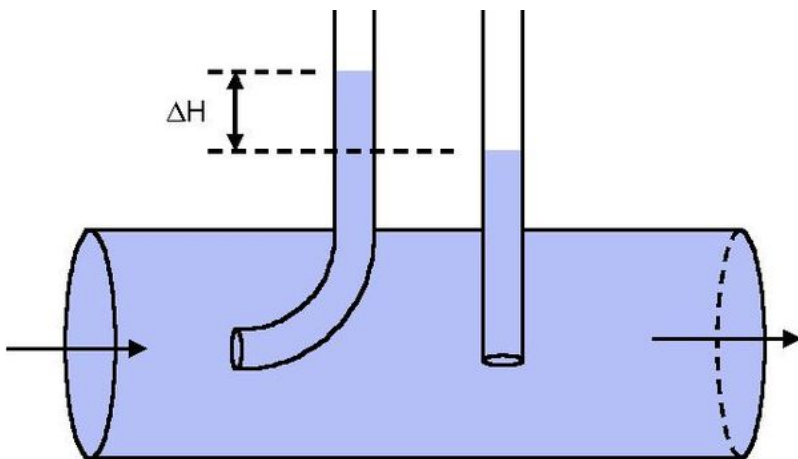


Fig. 144 Pitotbuis meet piëzometrische hoogte (rechts) en lading (links)

In nevenstaande figuur is de werking weergegeven. De snelheid van de gas- of vloeistofstroom kan worden berekend met behulp van de Wet van Bernoulli. De volgende vergelijkingen kunnen worden afgeleid:

Als een pitotbuis in de leiding geplaatst wordt met de opening haaks op de vloeistofrichting, dan is de piëzometrische hoogte van de vloeistof op dat punt gelijk aan

$$z + \frac{p}{\rho g}$$

met  $z$  de hoogte van de vloeistof t.o.v. een referentiehoogte,  $p$  de vloeistofdruk,  $\rho$  de dichtheid en  $g$  de gravitatieconstante.



Wordt de opening evenwijdig aan de vloeistofstroom geplaatst kan de lading berekend worden:

$$z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g}$$

waarbij  $v$  de vloeistofsnelheid voorstelt.

Uit het drukverschil  $\Delta p$  (berekend uit het hoogteverschil  $\Delta H$  in de buizen) kan de snelheid van de vloeistof berekend worden:

$$v = \sqrt{2\Delta p/\rho}$$

### Gebruik



Fig. 145 Pitotbuis zoals onder de vleugel van een vliegtuig bevestigd kan worden.

Pitotbuizen kunnen gebruikt worden voor het meten van debieten. Het volumedebiet is dan gelijk aan de snelheid  $\times$  de doorsnede van het kanaal waarin gemeten wordt. Hierbij moet er wel om gedacht worden dat het snelheidsprofiel in het kanaal (meestal een pijp) niet homogeen is en dat de pitotbuis de snelheid maar op één punt meet. Voor een grotere nauwkeurigheid worden in de praktijk dan ook meerdere pitotbuizen tegelijk of een dwars op de stroomrichting liggende dubbele buis met meerdere gatenparen toegepast.

Pitotbuizen worden in vliegtuigen gebruikt om de luchtsnelheid te bepalen. IJsvorming in pitotbuizen kan tot onjuist werkende snelheidsmeters leiden. Om dit te voorkomen worden pitotbuizen vaak van een verwarmingselement voorzien.

In de volgende internetsite staan 19 opgaven over stromingsleer. Vooral de opgaven 16 t/m 19 zijn nuttig voor het oefenen van CO<sub>2</sub> - druk - en snelheid berekeningen.

[http://home.hccnet.nl/j.ditmar/Reader%20BAT13/5\\_stromingsleer.pdf](http://home.hccnet.nl/j.ditmar/Reader%20BAT13/5_stromingsleer.pdf)



## Hoofdstuk 13. Sensortechniek

### 13.1 Sensoren weerstation

#### Namen (tweetal):

Weerstation is een stalen buis, waaraan allerlei meetinstrumenten zijn bevestigd. Deze buis torent hoog boven de schuur of kas uit. De metingen vinden plaats op een hoogte van ca. 10 meter.

#### Wat wordt er gemeten met de verschillende meetinstrumenten van het weerstation?

- Buitentemperatuur
- Globale straling
- Windsnelheid
- Windrichting
- Regenmelder
- CO<sub>2</sub>-concentratie (ppm)

Leg per meetinstrument uit wat precies gemeten wordt, dat wordt omgerekend naar de voor de kweker bruikbare eenheden op het beeldscherm van de klimaatcomputer.

Gemeten eenheid = U (V)

Eenheid op beeldscherm = °C

Gemeten eenheid = U (V)

Eenheid op beeldscherm = J/cm<sup>3</sup> ; W/m<sup>2</sup>

Gemeten eenheid = I (A)

Eenheid op beeldscherm = m/s

Gemeten eenheid = nr. weerstand (1 t/m 8)  
N ; NO ; O ; ZO (8)

Eenheid op beeldscherm = Z ; ZW ; W ; NW

Gemeten eenheid = wel/geen I (A)

Eenheid op beeldscherm = Ja/Nee

Leg per meetinstrument uit wat het principe en de werking is in telkens max. 5 volledige zinnen.

De buitentemperatuur wordt gemeten met gebruik van een weerstand. Hiervoor wordt meestal een PTC – weerstand gebruikt (soms een NTC-weerstand). Dit betekent dat bij een hogere temperatuur meer weerstand van de elektrische stroom optreedt. Bij minder stroomdoorvoer wordt de gemeten spanning lager. Dit resulteert in een lagere zichtbare temperatuur op het beeldscherm van de klimaatcomputer.

De globale (zon)lichtinstraling wordt gemeten met gebruik van een weerstand. Hiervoor wordt meestal een LDR –weerstand gebruikt. Dit betekent dat bij een hogere instraling juist minder weerstand van de elektrische stroom optreedt. Bij meer stroomdoorvoer wordt de gemeten spanning hoger. Dit resulteert in een hogere zichtbare globale lichtinstraling op het beeldscherm van de klimaatcomputer. Het is vergelijkbaar met een nachtlamp.

De windsnelheid wordt gemeten met een windmeter. Hieraan zit een wiek met drie halve bolletjes, die de wind vangen. Hoe meer wind per tijdseenheid wordt gevangen, hoe sneller de wiek gaat draaien. De draaiende beweging van de wiek wordt omgezet in elektrische stroom, met gebruik van magnetisme in een



soort dynamo. Bij een snel draaiende wiel wordt meer elektrische stroom opgewekt. Een grote stroomsterkte leidt tot een hogere zichtbare windsnelheid op het beeldscherm van de klimaatcomputer. Het is vergelijkbaar met een fietsdynamo.

De windrichting wordt bepaald met een stroomcircuit door één van de acht weerstanden in de windvaan. Telkens wordt loopt een elektrische stroom door slechts één van de weerstanden, afhankelijk van de windrichting. Zo is bijvoorbeeld de windrichting vanuit het zuidwesten gekoppeld aan een stroomdoorvoer door weerstand nr. 6. Elk van de acht windrichtingen is genummerd. Op het beeldscherm van de klimaatcomputer is dan ook alleen de windrichting af te lezen. Hierbij wijst dan de punt van de windvaan op het weerstation naar de af te lezen windrichting.

Een regelmelder is een schuin aflopend meetinstrument, waarop de regen kan vallen en kan blijven liggen voor slechts korte duur. De korte duur wordt ook veroorzaakt door het lichtelijk verwarmen van het aflopende oppervlakte. Regenwater op het oppervlakte veroorzaakt een elektrische stroom tussen twee spanningspolen. De elektrische stroom loopt dan door het (lichtelijk verontreinigde) regenwater van de + pool naar de – pool. Bij voldoende afwatering en/of opdroging van regenwater loopt er geen elektrische stroom. De aanwezigheid van een elektrische stroom bepaalt een 'Ja' of 'Nee' op het beeldscherm van de klimaatcomputer.

De metingen met gebruik van het weerstation vinden buiten de kas plaats. In de kas wordt het kasklimaat gemeten.

### **Waar wordt kasklimaat gemeten?**

Het kasklimaat wordt gemeten in één of meer meetboxen. Een meetbox hangt in het microklimaat van het groeiende gedeelte van planten.

### **Wat wordt gemeten?**

A = droge bol temperatuur (weerstandsthermometer zonder kousje)

B = natte bol temperatuur (weerstandsthermometer met kousje)

- Hoe wordt de absolute luchtvochtigheid ( $\text{g H}_2\text{O}/\text{m}^3$ ) of de relatieve luchtvochtigheid (%) in de kas bepaald? De beide luchtvochtigheden wordt berekend met beide gemeten temperaturen en berekend met gebruik van de theorie van het Mollier-diagram.
- Wat warmt in een kas sneller op: droge lucht of vochtige lucht? Droge lucht (denk aan de woestijn) warmt sneller op en koelt ook sneller af dan vochtige lucht (denk aan het regenwoud).
- Wanneer moet een kousje worden vervangen? Een kousje moet worden vervangen als het kousje droog is vanwege ontbrekend demiwater in de voorraad van de meetbox en/of vanwege vervuiling (verkalking) van het kousje door langdurig gebruik.

### **Wat is het gevolg van een ongeschikt kousje voor de luchtvochtigheid?**

Een verkalkt kousje is feitelijk een kousje in zout water. Zout water befrist pas bij een lagere temperatuur dan schoon water. Hierdoor heeft zout water ook een lager kookpunt. Zout water verdampt zo ook sneller en makkelijker dan zoet water. Een kousje verdampt dan ook sneller. Bij verdamping van het zoute water uit het kousje wordt onttrokken uit de weerstandsthermometer, waardoor de NBT lager wordt. Hoe groter het verschil tussen de DBT (blijft gelijk) en de lagere NBT, hoe lager de relatieve luchtvochtigheid ofwel hoe groter het vochtdeficit.



## 13.2 Sensoren intern transport

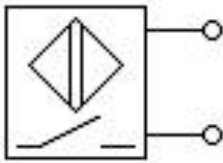


Fig. 146

Een naderingsschakelaar is een sensor die in- of uitschakelt als een voorwerp of levend wezen in het detectiegebied komt. Daarbij is er geen fysiek contact met de sensor. Een bekende toepassing zie je bij deuren die vanzelf openen als jij eraan komt. In het detectiegebied van een naderingsschakelaar heerst een bepaald stralingsveld. Naar de aard van dit veld onderscheiden we de volgende typen naderingsschakelaars: Inductief - Capacitief - Optisch - Ultrasoon



Fig. 147 Uitvoeringsvormen van inductieve en capacitieve naderingsschakelaars

### Inductieve en Capacitieve naderingsschakelaars

#### Principe

In de sensor bevindt zich een Oscillator. Dat is een elektronische schakeling die een wisselveld opwekt. De sensor straalt dit veld uit. Bij een inductieve sensor is dat een magnetisch veld en bij een capacitieve sensor is dat een elektrisch veld. Een verstoring van het veld wordt door de elektronica in de sensor omgezet in een gedefinieerd uitgangssignaal (meestal aan of uit).

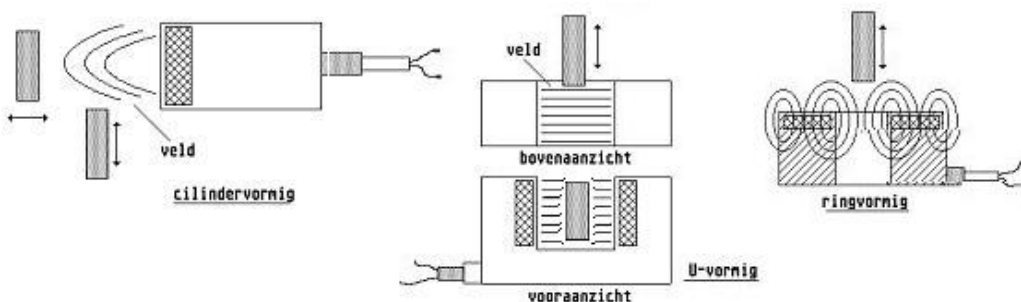


Fig. 148





De figuren hierboven geven een indruk over het veld bij de verschillende uitvoeringsvormen. Aan de vorm is niet te zien of je te maken hebt met een inductieve of met een capacitieve sensor.

### Uitvoeringen en aansluitingen

De detectieafstand is afhankelijk van vorm en grootte van de sensor en van het te detecteren materiaal en bedraagt 0,5 mm tot maximaal 5 cm.

Naderingsschakelaars zijn er met NO "contact" (maak) en met NC "contact" (verbreek) terwijl uitvoeringen met wisselcontact ook verkrijgbaar zijn. Het schakelvermogen is zeer beperkt en een naderingsschakelaar is zeker niet geschikt om direct een actuator zoals bijvoorbeeld een contactor, te schakelen.

Vanwege de ingebouwde oscillator heeft een naderingsschakelaar elektrische voeding nodig.

Er zijn typen voor gelijkspanning en typen voor wisselspanning. Bij 2-draads uitvoeringen wordt de Sensor via de belasting gevoed. Bij 3- en 4-draads uitvoering zijn er een of twee schakeldraden. Schakelaars met metalen delen hebben bovendien nog een aarddraad.

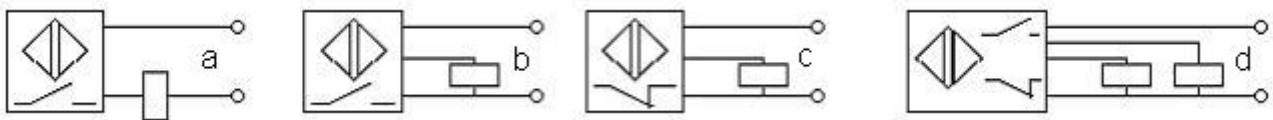


Fig. 149 Diverse uitvoeringen; de belasting is hier als relais getekend maar bestaat praktisch uit een signaalversterker of een plc-ingang,

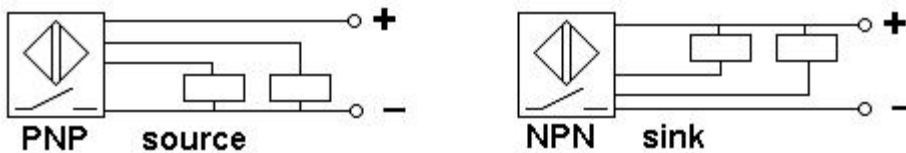


Fig. 150 Common+ of Source en Common- of Sink.



Fig. 151 Source en Sink

Afhankelijk van de gebruikte halfgeleidertechniek in de inwendige elektronica zijn er naderingsschakelaars voor voeding met positieve spanning of met negatieve spanning.



Een naderingsschakelaar met slechts twee aansluitdraden wordt ook N-opnemer of NAMUR-opnemer genoemd; (NAMUR = Normen Arbeitsgemeinschaft fur Mess Und Regeltechnik). Deze Sensoren bevatten enkel de oscillatorschakeling en moeten in principe worden gebruikt met externe signaalversterker. Een PLC-ingang is echter meestal gevoelig genoeg voor signalen van NAMUR-sensoren.

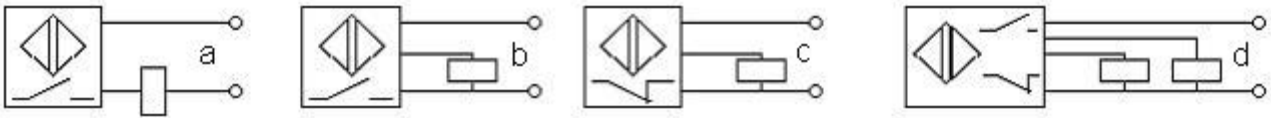


Fig. 152 Diverse uitvoeringen; de belasting is hier als relais getekend maar bestaat praktisch uit een signaalversterker of een plc-ingang.

Op de bovenstaande figuur staan de symbolen voor 4 typen naderingsschakealars. Welke is van het type NAMUR?

- a
- b
- c
- d

### Detectiematerialen

Inductieve naderingsschakelaars kunnen in principe alle ferrometalen detecteren; bijvoorbeeld ijzer, roestvaststaal, chroom en kobalt; dat zijn dus materialen die reageren op magnetische velden.

Capacitieve naderingsschakelaars detecteren alle materialen en stoffen die gevoelig zijn voor elektrische velden; dat zijn alle materialen die warm worden in een magnetron. Hieronder vallen metalen, vloeistoffen en veel kunststoffen. Glas en porselein kunnen niet met inductieve of capacitieve Sensoren worden gedetecteerd.

### Reductiefactoren

Indien andere detectiematerialen dan ijzer worden gebruikt heeft dat een negatieve invloed op de schakelafstand. Voor een bepaalde inductieve sensor gelden bijvoorbeeld de volgende reductiefactoren:

- Staal 371,0
- Aluminium 0,3
- RVS 0,85
- Koper 0,4
- Chroom 0,85
- Messing 0,5

Is dan bijvoorbeeld de schakelafstand voor staal 37 gelijk aan 10 mm dan geldt voor aluminium  $0,3 \times 10 = 3$  mm schakelafstand. Raadpleeg altijd de datasheets. Voor capacitieve naderingsschakelaars gelden vergelijkbare tabellen.





Animatie: verplaats de blokjes met de muis

Hoe groot is in bovenstaande figuur de reductiefactor voor dit koper?

- 0,4
- 0,53
- 0,75

### Hysteresis

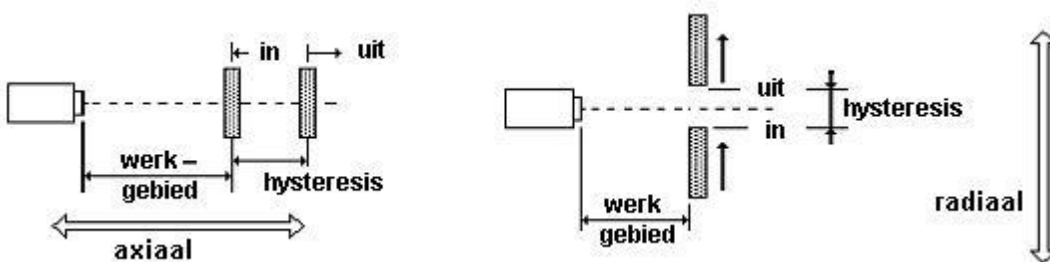


Fig. 153 Detectiegebied bij hysteresis

De axiale hysteresis is de afstand tussen het punt waarbij de Sensor inschakelt als het object naar de Sensor toe beweegt en het uitschakelpunt als het object van de Sensor wordt verwijderd.

De radiale hysteresis is de afstand waarbij de Sensor ingeschakeld is als het object de hartlijn van de Sensor loodrecht passeert. Praktisch kan het hysteresisverschijnsel hinderlijk zijn maar afhankelijk van de toepassing kan er ook handig gebruik van worden gemaakt.

### Voor- en nadelen van Inductieve en Capacitieve naderingsschakelaars.



Fig. 154

- + Geen vonkvorming of inbranding van contacten en daardoor geschikt voor explosiegevaarlijke ruimten;
- + Geen bewegende delen en daardoor geen mechanische wrijving, vertraging en slijtage;
- + Hoge schakelsnelheid (mogelijk tot 5 kHz);
- + Bestand tegen chemische stoffen zoals olie en vet;



- + Bestand tegen stof, vocht (waterdicht) en weersinvloeden (bv ozon);
- + Levensduur niet afhankelijk van aantal schakelingen of schakelfrequentie.

- Beperkt temperatuurbereik;
- Beperkte detectieafstand;
- Lage uitgangsstroom (max 0,5 A);
- Geen richtingsdetectie;
- Niet bruikbaar in omgeving met rondvliegende metaaldeeltjes
- Relatief duur

Op [www.pepperl-fuchs.com](http://www.pepperl-fuchs.com) vind je voorbeelden van inductieve en capacitieve naderingsschakelaars.

Naderingsschakelaars worden vaak aangeduid met de engelse benaming. Hoe luidt die engelse naam?

- NAMUR Sensor
- Approach Detector
- Proximity Switch



Animatie: verplaats de blokjes met de muis

Is dit een capacitieve of een inductieve naderingsschakelaar?

- Capacitief
- Inductief
- Kan allebei
- Geen van beiden



### 13.3 Optische naderingsschakelaars

#### Principe



Fig. 155 Voorbeeld van een optische naderingsschakelaar. (opengewerkt). Zender en ontvanger in een behuizing.

Een optische schakelaar bestaat uit een zender (lichtbron) en een ontvanger (Sensor). In de ontvanger wordt geschakeld als de lichtstraal onderbroken wordt. De lichtbron is een LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) of een LED (Light Emitting Diode).

Beide zenden monochromatisch (een golflengte) licht uit. Een LASER heeft daarbij meer vermogen dan een LED. Verschillende golflengten (kleuren) zijn mogelijk. De sensor in de ontvanger is een kleurgevoelige Fotodiode of fototransistor. Het sensorsignaal wordt door een elektronische schakeling omgezet in een gedefinieerd uitgangssignaal: 'aan' of 'uit'. Met optische Sensoren zijn hoge schakelfrequenties mogelijk. Dit komt bijvoorbeeld van pas bij het lezen van barcodes. Een optische schakelaar heeft veel toepassingen en het schakelbereik kan wel 500 m bedragen.

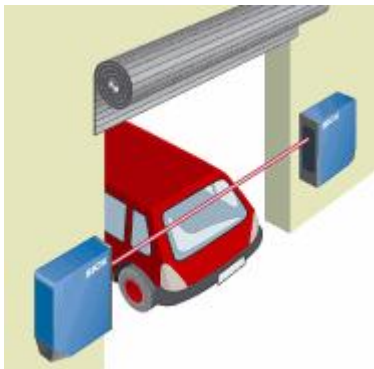


Fig. 156

#### Uitvoering met aparte zender en ontvanger

Uitvoeringen

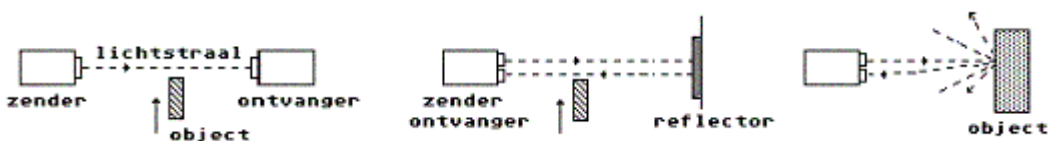


Fig. 157 Drie uitvoeringen van optische naderingsschakelaars



Optische naderingsschakelaars bestaan er in 3 uitvoeringen. Hierboven zie je van elk een tekening. Deze 3 uitvoeringen worden hierna kort besproken.

#### Uitvoering 1

Zender en ontvanger zijn in aparte behuizingen aangebracht. Er wordt geschakeld bij onderbreking van de lichtstraal.

Kenmerken:

- Detectie van niet-doorschijnende materialen;
- Object op een willekeurige plaats tussen zender en ontvanger;
- Grote detectie-afstand, tot wel 500m.



Animatie: verplaats de blokjes met de muis

#### Uitvoering 2

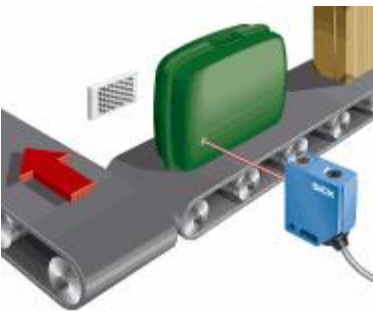


Fig. 158 Reflectie op een reflector

Zijn zender en ontvanger in een behuizing gecombineerd dan wordt op Reflectie geschakeld.

Kenmerken:

- Slechts aan een kant bedrading;
- Grotere afstanden mogelijk;
- Onbruikbaar bij reflecterende en transparante objecten.



Animatie: verplaats de blokjes met de muis



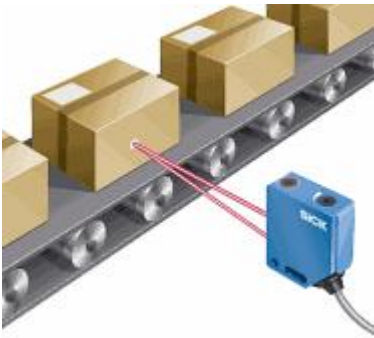


Fig. 159 Reflectie op het object



Animatie: verplaats de blokjes met de muis

### Uitvoering 3

In de reflectorloze uitvoering dient het oppervlak van het te detecteren object als reflector.

Kenmerken (vele detectiecriteria mogelijk):

- radiale of axiale benadering
- Ruw of glad oppervlak
- Vorm en grootte van het voorwerp
- Materiaalsoort en kleur
- Reflecterende ondergrond of achtergrond
- Afstand tot het object
- spreiding van de lichtbundel.

Toepassingen voorbeelden optische sensoren

Met behulp van optische naderingsschakelaars worden hier bepaalde controles uitgevoerd.

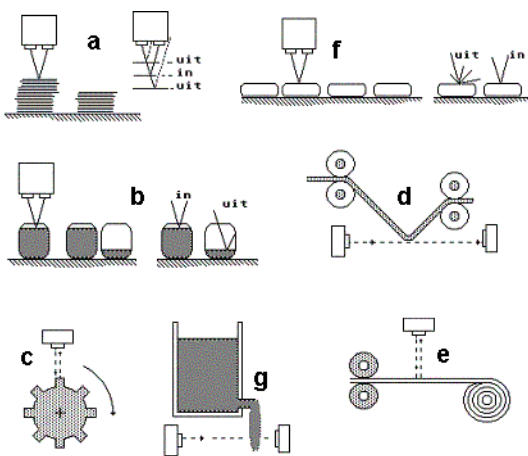


Fig. 160





- Stapelhoogte
- Toerental
- Ligging
- Doorhang
- Voorraad
- Vulling
- Bandbreuk

### Samenvatting toepassingen van optische sensoren.

Optische Sensoren worden gebruikt voor:

- Objectdetectie;
- Kleurdetectie;
- Vormherkenning;
- Codelezers;
- Beveiliging;
- Materiaaldetectie.

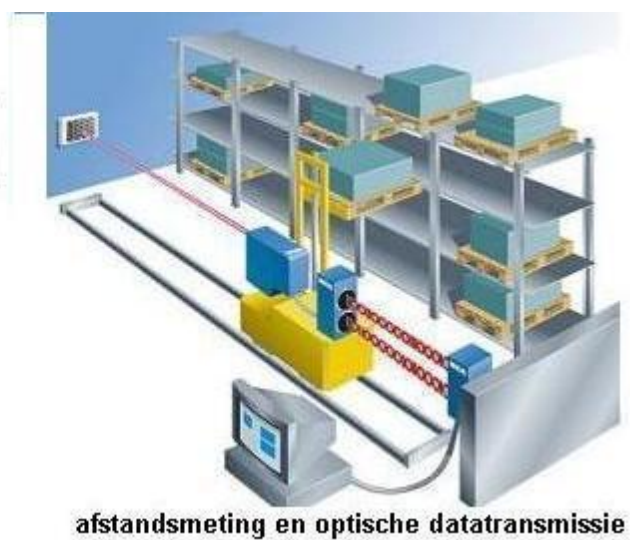


Fig. 161 Optische Sensoren (slot)

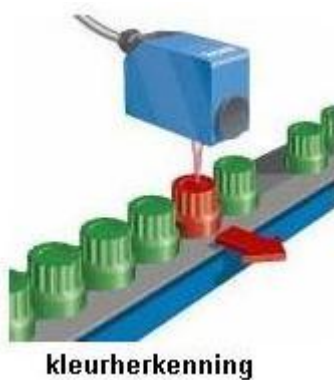
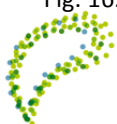
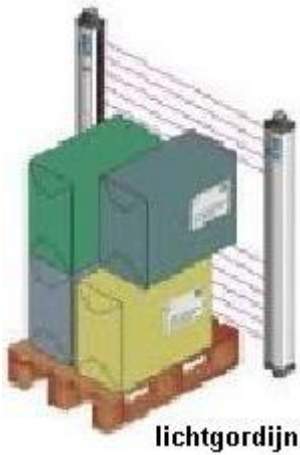


Fig. 162 Kleurherkenning





**lichtgordijn**

Fig. 163 Lichtgordijn

Tot slot zie je hierboven nog twee toepassingen van optische sensoren.

Ga naar <http://www.sick.nl/nl/producten/nl.html> en beantwoord de volgende vraag.

Tot welke afstand (maximaal) werkt de kleurdetectie van bovenstaande doppensensor? (Zoek bij "Industriële Automatisering" en dan bij "Colour Sensors" type CS1 of CS3.)

- 6 cm
- 9 cm
- 12,5 cm

### 13.4 Ultrasonische Sensoren

Daar waar optische Sensoren problemen geven door vervuiling, luchtverontreiniging (nevel, poeder, condens of stof) of verstoord raken door vals licht of kleurgevoeligheid, kunnen ultrasonische Sensoren een uitkomst bieden. In plaats van een lichtstraal zendt de zender een bundel onhoorbare (ultrasonische) geluidsgolven uit. De frequentie ligt boven 30 kHz zodat ook huisdieren er geen last van hebben.



Fig. 164

Ultrasonische Golven moet je niet verwarren met elektro- magnetische radiogolven. Geluidsgolven worden beschouwd als een vorm van mechanische energie. Voor het transport is een medium nodig (in vacuüm



kunnen geluidsgolven zich niet voortplanten). In metalen gaan geluidsgolven het snelst en in gassen het traagst.

- In staal: 5800 m/s
- In water: 1500 m/s
- In lucht: 345 m/s

Ultrasonische Sensoren worden vooral gebruikt bij het bepalen van afstanden en voor productherkenning. De ontvangsfrequentie van het gereflecteerde ultrasonische signaal kan afhankelijk zijn van de detectieafstand. Door deze ontvangen frequentie om te zetten in een variabele spanning of stroom krijgt men een detector met een analoog uitgangssignaal.

Op deze manier kan men een afstand nauwkeurig meten.

De werkafstand kan wel 50 m bedragen maar ook 50 mm komt voor. Praktisch is de afstand maximaal 10 m.

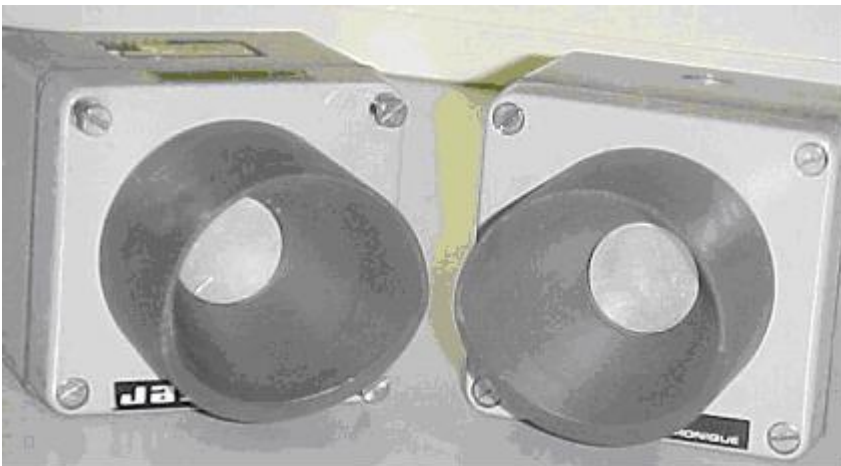


Fig. 165

Het signaal dat deze ultrasonische detector afgeeft is analoog en afhankelijk van de detectieafstand; zo kan de roldikte worden gemeten

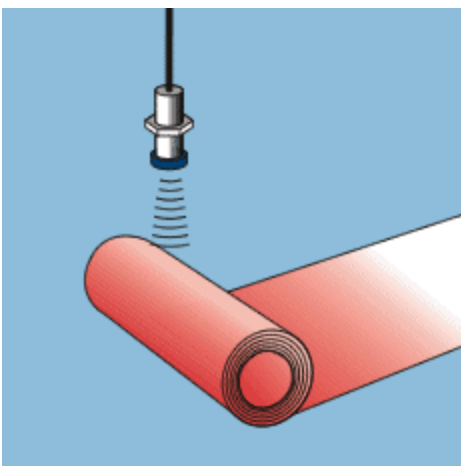


Fig. 166

### Ultrasonische Zender en Ontvanger

Niet alle stoffen zijn geschikt om Ultrasoon te worden gedetecteerd. Vooral geldt dit voor stoffen die geluid



absorberen zoals kleding, vilt, schuimrubber en dergelijke. Kijk op [www.microsonic.de](http://www.microsonic.de) voor meer toepassingsvoorbeelden (applications) van ultrasone naderingsschakelaars.



Fig. 167

Ga naar [www.sensor.nl](http://www.sensor.nl). Beantwoord de volgende vraag: (kijk bij "Voorbeeld toepassingen").

Met ultrasone Sensoren type SP is het NIET mogelijk om:

- De snelheid van een naderend voertuig (bv auto) te meten
- Meten van de vulhoogte in een vloeistoftank
- Onderscheid 'zien' tussen enkele en dubbele velletjes papier
- Afstand bewaren tussen karretjes op lopende band

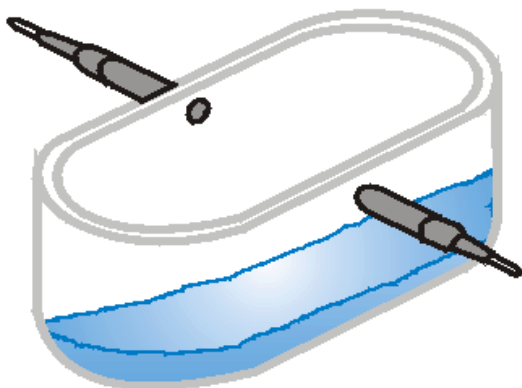


Fig. 168

Welke type Sensoren is hier toegepast?

- Inductief
- Capacitief
- Optisch
- Ultrasoon



## Hoofdstuk 14. Pneumatiek

Een compressor produceert voor perslucht, waardoor een zekere luchtdruk ontstaat in een besturingssysteem. De compressor bestaat in verschillende constructievormen, te weten: een luchtgekoelde zuigercompressor, een meercellige roterende schottencompressor (volgens verdringingsprincipe).

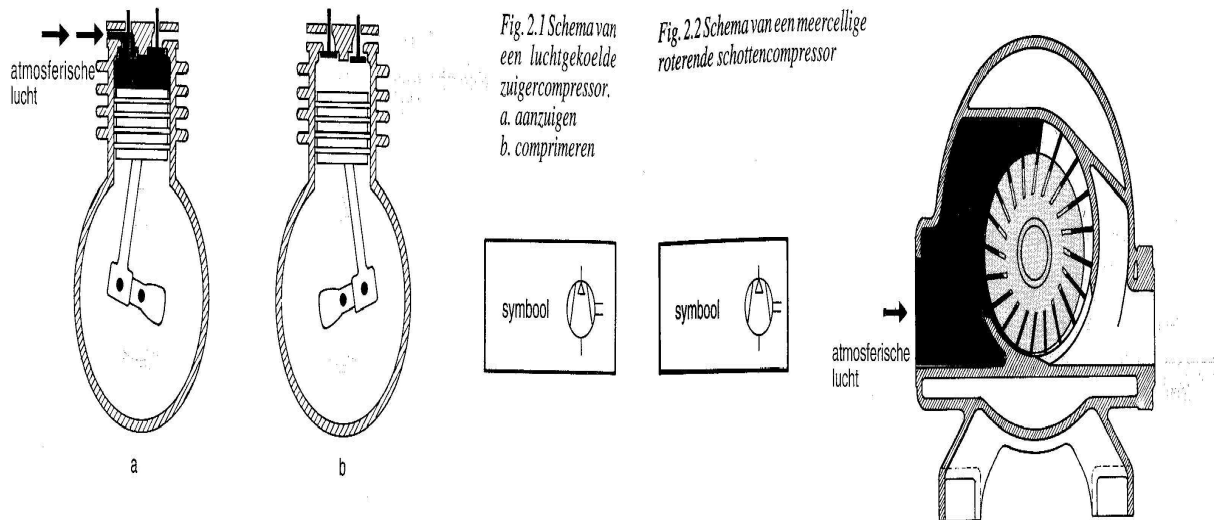


Fig. 169

In een zuigercompressor wordt de lucht verdrongen door de opwaartse beweging van de zuiger. De aangezogen lucht wordt zo bijeen geperst. De capaciteit van een compressor is feitelijk de effectieve geproduceerde hoeveelheid perslucht in L/min. of  $m^3/min$ . De aangezogen lucht met de omgevingstemperatuur, - vochtigheid en - luchtdruk, wordt gecomprimeerd tot perslucht. De omgevingstemperatuur is gelijk aan de gemeten kasttemperatuur (DBT). De vochtigheid wordt uitgedrukt in RV (%). De luchtdruk varieert  $\pm 1,013$  bar. Deze luchtdruk wordt verhoogd tot 3 – 12 bar, voor het verbruik in besturingssystemen.

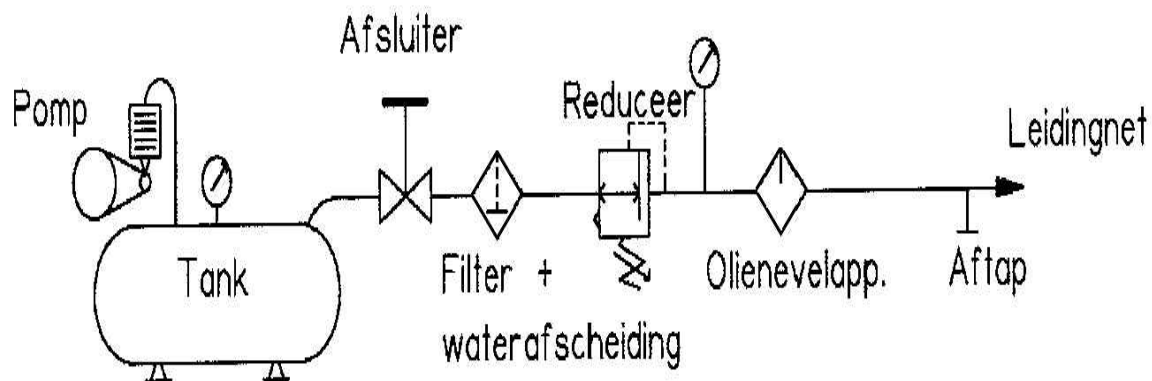


Fig. 170



Dit verbruik is gerelateerd aan de stromingssnelheid en het drukverlies, afhankelijk van de inwendige diameter van het leidingnet vanuit de compressor. Voor de stations van Meclab is de maximale luchtdruk = 6 bar.

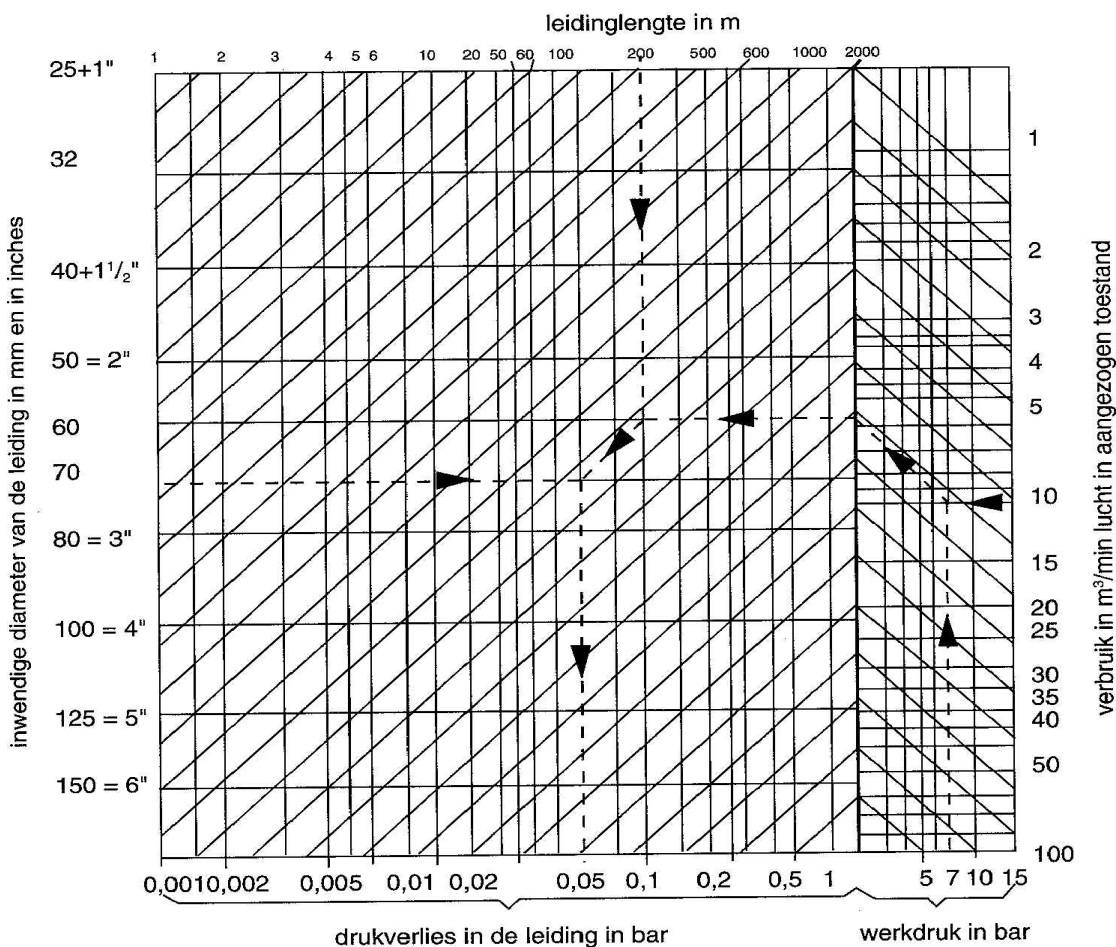


Fig. 3.3 Nomogram voor het berekenen van persluchtleidingen. In het getekende voorbeeld zijn gegeven: werkdruk: 7 bar, opbrengst (volumestroom): 10 m³/min, leidinglengte: 200 m, drukverlies: 0,1 bar [4]

Fig. 171

De stromingssnelheid wordt verlaagd bij meer bochten, afsplitsingen en vertakkingen in het net en ruwere binnenzijde van de leidingen. De gewenste stromingssnelheid = 6 – 10 m/s. Een te grote stromingssnelheid kan leiden tot ijsafzetting in de aansluitpunten in het net, als gevolg van neerslag van de in het perslucht aanwezige vocht. Bij drukverlaging gaan watermoleculen minder snel bewegen en kunnen zij condenseren. Het drukverlies in het gehele net mag liefst niet meer dan 0,1 bar zijn (maximaal 5 % drukverlies). In het laagste punt van het leidingnet moeten aftappunten zijn voor het condensaat. De werkdruk is de afgegeven luchtdruk van het perslucht bij de uitgang van de compressor.

1. Beschrijf de werking en het principe van de compressor op een zelf gekozen bedrijf met een logistiek transportsysteem.

Een compressor: symbool compressor, type, capaciteit, zuiger – of verdringing – of stromingsprincipe, roterend – of met schroefaandrijfconstructie, minimale volumestroom,





maximale compressedruk, droogmethodes, ontvetmethode, soort olie, type persluchtfilter, aanwezige luchtverzorgingstoestellen, kostprijs van de perslucht.

**Wat is de inwendige diameter en de lengte van het leidingnet?**

Bij de uitgang van een compressor staat vaak een windketel met als functies: afvlakking drukveranderingen, opslag perslucht en afscheiding condensaat. De grootte van de windketel is afhankelijk van het persluchtverbruik en de capaciteit van de compressor. Het volume van de windketel is te berekenen met de volgende formule:

Druk-inhoud product =  $\rho \times I$

$\rho$  = druk perslucht bij uitgang compressor (bar)

$I$  = inhoud windketel (liter)

Persluchtleidingen kunnen zijn gemaakt van staal, koper, kunststof of rubber. De inwendige leidingdiameters moeten zijn aangepast aan de nominale doorlaat van ventielen, fungerend als stuelelementen en cilinders (krachtelementen). Deze twee soorten elementen in een pneumatisch besturingssysteem worden aangeduid met allerlei symbolen.

**Symbolen**








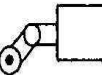





Bedieningsmogelijkheden			
Bediening door spierkracht		Mechanische bediening	
	- algemeen symbool		- door taster
	- door drukknop		- door veer
	- door hefboom		- door rol
	- door pedaal		- door kantelrol
Elektrische bediening		Pneumatische bediening	
	door elektro- magneet		door druk- verhoging
	door elektromagneet en pneumatisch 'voorstuur'-ventiel		door druk- verlaging
			door druk- verschil

Fig. 172





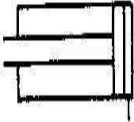
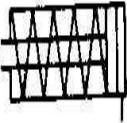
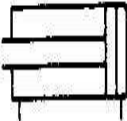
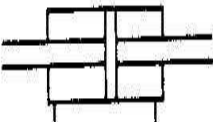
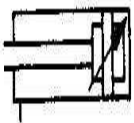
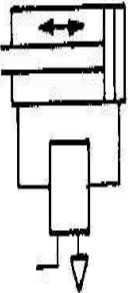
Cilinder	
	enkelwerkend, terugkomend door een uitwendige, niet gedefinieerde kracht
	enkelwerkend, terugkomend door een veer
	dubbelwerkend, met zuigerstang aan één zijde
	dubbelwerkend, met doorlopende zuigerstang
	dubbelwerkend, met instelbare buffer aan twee zijden
	dubbelwerkend, met stuureenheid waardoor de zuiger automatisch heen en weer beweegt (vereenvoudigd symbool)

Fig. 173



Symbol	Benaming	Functie
	<b>2/2-Stuurventiel</b> -in ruststand gesloten -in ruststand geopend	Ventiel met twee schakelstanden en twee aansluitingen
	<b>3/2-Stuurventiel</b> -in ruststand gesloten -in ruststand geopend	Ventiel met twee schakelstanden en drie aansluitingen
	<b>5/2-Stuurventiel</b>	Ventiel met twee schakelstanden en 5 aansluitingen
	<b>4/2-Stuurventiel</b>	Ventiel met twee schakelstanden en 4 aansluitingen
	<b>5/3-Stuurventiel, middenstand ontluicht</b>	In de middenstand wordt geen kracht uitgeoefend op de zuiger van een cilinder. De zuigerstang van bewogen worden.
	<b>5/3-Stuurventiel, middenstand gesloten</b>	De zuiger blijft staan. Ook als de zuiger halverwege de slag van de cilinder is.
	<b>5/3-Stuurventiel, middenstand brug</b>	De zuiger van cilinders met aan één zijde een zuigerstang gaat met gereduceerde kracht uit.

Fig. 174

Symbol	Benaming	Functie
	<b>Rolbediend ventiel, veerretour, monostabiel</b>	Dit ventiel wordt bijvoorbeeld door een cilindernok bediend, wordt vooral gebruikt voor het waarnemen van de eindstanden van cilinder.
	<b>Handbediend ventiel, veerretour, monostabiel</b>	Dit ventiel wordt met de hand bediend en door een veer naar de ruststand teruggebracht.
	<b>Magneetventiel met handbediening, veerretour, monostabiel</b>	Dit ventiel wordt met de hand bediend door een veer naar de ruststand teruggebracht als de stroom door de magneetspoel afgeschakeld wordt.
	<b>Magneetventiel met nood handbediening, bi-stabiel</b>	Dit ventiel wordt door een magneetspoel bediend en blijft in deze stand tot de andere magneetspoel bediend wordt.
	<b>Magneetventiel met pneumatische voorsturing</b>	Dit ventiel wordt door een magneetspoel bediend. De magneet stuurt een pneumatische hulpschakeling, die het ventiel bedient.

Fig. 175



### Enkel – en dubbelwerkende cilinder

In een cilinder wordt de statische energie ofwel de pneumatische energie van perslucht omgezet in mechanische energie door verlaging van de overdruk tot atmosferische druk. De kracht van een cilinder is afhankelijk van de werkdruk, het zuigeroppervlak en de wrijving van de dichtingen. De wrijving tijdens de beweging is in het gunstigste geval nihil. Bij berekeningen wordt uitgegaan van een wrijvingsweerstand ofwel losbreekweerstand = 3 – 10 % van de zuigerkracht. De algemene zuigerkracht F (N) wordt berekend met de volgende formule:

$$F_{cilinder} = \rho \times A$$

$\rho$  = druk perslucht bij uitgang compressor (bar)

A = oppervlakte zuiger in cilinder (cm<sup>2</sup>)

Voor een enkelwerkende cilinder:  $F = D^2 \times 0,25 \times \pi \times (\rho - f)$

Voor een dubbelwerkende cilinder:  $F_{uitgaande\ slag} = D^2 \times 0,25 \times \pi \times (\rho - f)$

$$F_{ingaaende\ slag} = (D^2 - d^2) \times 0,25 \times \pi \times \rho$$

D = zuigerdiameter (m)

d = zuigerstangdiameter (m)

A = zuigeroppervlakte (m<sup>2</sup>)

f = veerkracht (N)

$\rho$  = werkdruk (bar)

Het luchtverbruik Q (l/min) van cilinders is te berekenen met de volgende formules:

Voor een enkelwerkende cilinder:  $Q = s \times n \times q$

Voor een dubbelwerkende cilinder:  $Q = 2 \times s \times n \times q$

s = slaglengte (cm)

n = aantal slagen per minuut

q = luchtverbruik per cm slag

Een enkelwerkende cilinder kan slechts in één richting kracht leveren. De slaglengte is beperkt vanwege de inwendige terugslagveer. Een dubbelwerkende cilinder is altijd een zuigercilinder en heeft twee persluchtaansluitingen. De dubbelwerkende cilinder kan kracht leveren in beide bewegingsrichtingen. De duwkracht van de cilinder (uitgaande slag) is weliswaar groter dan de trekkracht (ingaaende slag). De zuiger in de cilinder heeft aan de kant van de zuigerstang minder oppervlakte, waarmee perslucht de zuiger in beweging kan krijgen voor de ingaaende slag. Bij een enkelwerkende cilinder is zuigerkracht (uitgaande cilinder) inclusief de uitrekking van de veer. Beide soorten cilinders hebben een vergelijkbare wrijvingsweerstand op de zuigerstand.

Kwalitatief goede cilinders zijn geborgd tegen verdraaiing van de zuigerstang bij foutieve belasting. De zuigerstang en dan ook de zuiger kunnen zo niet draaien om de lengteas (axiale verdraaiing).



Tabel 4.1 Zuigerkracht bij gegeven zuigerdiameter en werkstuk zonder het zuigerstangoppervlak en de tegenwerkende kracht van de terugbrengeveer in rekening te brengen; met de wrijving is wel rekening gehouden

druk-kracht-tabel voor persluchtcilinders															
werkdruk bar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
zuiger- $\phi$ mm	zuigerkracht in N														
8	4,5	9,0	13,6	18,1	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7	45,2	49,8	54,3	58,8	63,3	67,9
10	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7	77,8	84,8	91,9	99,0	106
12	10,2	20,4	30,5	40,7	50,9	61,0	71,3	81,4	91,6	101	112	122	132	143	153
16	18,1	36,2	54,3	72,4	90,5	109	127	145	163	181	199	217	235	253	271
20	28,3	56,5	84,8	113	141	170	198	226	254	283	311	339	368	396	424
25	44,2	88,4	133	177	221	265	309	353	398	442	486	530	574	619	663
32	72,4	145	217	290	362	434	507	579	651	724	796	869	941	1010	1090
40	113	226	339	452	565	679	792	905	1020	1130	1240	1360	1470	1580	1700
50	177	353	530	707	884	1060	1240	1410	1590	1770	1940	2120	2300	2470	2650
63	281	561	842	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2810	3090	3370	3650	3930	4210
80	452	905	1360	1810	2260	2710	3170	3620	4070	4520	4980	5430	5880	6330	6790
100	707	1410	2120	2830	3530	4240	4950	5650	6360	7070	7780	8480	9190	9900	10600
125	1100	2210	3310	4420	5520	6630	7730	8840	9940	11000	12100	13300	14400	15500	16600
160	1810	3620	5430	7240	9050	10900	12700	14500	16300	18100	19900	21700	23500	25300	27100
200	2830	5650	8480	11300	14100	17000	19800	22600	25400	28300	31100	33900	36800	39600	42400
250	4420	8840	13300	17700	22100	26500	30900	35300	39800	44200	48600	53000	57400	61900	66300
320	7240	14500	21700	29000	36200	43400	50700	57900	65100	72400	79600	86900	94100	101000	109000

Fig. 176

Een continu heen – en weergaande aandrijving wordt nagenoeg altijd gerealiseerd met een compacte pneumatische voedingseenheid. De besturing van de voedingseenheden is variabel, kan worden uitgevoerd in verschillende pneumatische schema's, waarin eindschakelaars, pneumatische of elektrische sensoren en naderingsschakelaars worden gebruikt, met bijbehorende elektrische schema's. Een bekende eindschakelaar is een ventiel, mechanisch bediend met een rol. Wanneer de rol wordt geraakt sluit het ventiel en wordt automatisch een ander ventiel geopend, opdat de slag weer tegengesteld gericht is. Hierbij wordt dan ook gebruikt gemaakt van groter ventiel. De heen – en weergaande beweging stopt pas bij het sluiten van de persluchttoevoer.



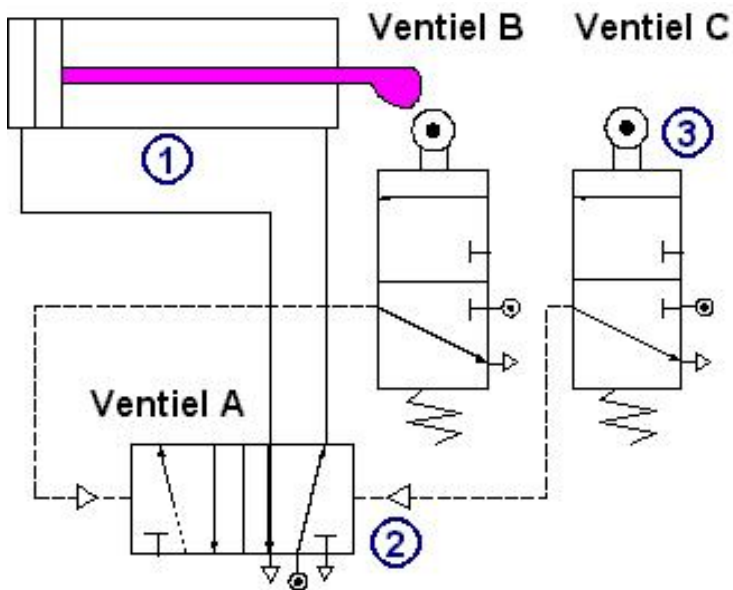


Fig. 177

### Ventielen

Ventielen worden gebruikt voor het besturen (starten, stoppen, doorstroomrichting perslucht) van pneumatische cilinders. Deze sturelementen zijn te verdelen in:

- Stuurventielen
- Stroomregelventielen
- Blokkeerventielen
- Drukregelventielen

Stuurventielen beïnvloeden het traject van het perslucht in de richting van een cilinder. Een benaming van een ventiel is gebaseerd op het aantal IN poorten en het aantal UIT poorten, inclusief de ontluchtingspoorten. Afsluiters behoren tot de twee-weg ventielen met één IN poort en één UIT poort. De aansluitpoorten worden vaak met cijfers aangeduid:

P of 1 = perslucht aansluiting (toevoer)

A,B,C,... of 2,4,6,... = werkleiding poorten, naar cilinders

R,S,T,... of 3,5,7,... = ontluchting (van cilinders)

X,Y,Z, ... of 10,12,14,... = stuurpoorten



#### Cijfercode

1 = persluchtpoort  
2, 4 = werkleiding-poorten  
3, 5 = ontluchtingen  
12, 14 = stuurpoorten  
(10) = stuurpoort voor het wissen (reset) van het uitgaande signaal  
(81, 91) = hulplucht-stuurpoort  
(82, 84) = hulplucht-ontluchting

#### Lettercode

(voorheen gangbare codering die in de praktijk nog dikwijls voorkomt)

A, B, C = werkleiding-poorten  
P = persluchtpoort  
R, S, T = luchtuitlaat, ontluchting  
L = lek-(afvoer-)poort  
X, Y, Z = stuurpoorten  
P<sub>z</sub> = hulplucht-stuurpoort

#### Vergelijking van de code-aanduidingen

ISO 5599	letter-codering
1	P
2	B
3	S
4	A
5	R
(10)	(Z)
12	Z
14	Y

Fig. 178

Bij een 'normaal open' ventiel is de cilinder 'in rust' geopend en kan de perslucht door het ventiel en bij een 'normaal gesloten' ventiel is de cilinder 'in rust' gesloten. In een symbolische tekening van een ventiel worden de aansluitingen getekend aan het vakje dat de rusttoestand of de uitgangspositie weergeeft. Het aantal vakjes in de tekening is het aantal schakelstanden. De ruststand heeft de letter o. Stuurventielen worden aangeduid met twee cijfers: 1<sup>o</sup> het aantal aansluitingen en 2<sup>o</sup> het aantal mogelijke schakelstanden. Er bestaat bijvoorbeeld een 5/2 ventiel. Constructief bestaan twee soorten ventielen:

Klepzittingventielen – weinig gevoelig voor vuil, zeer goed dichtend, weinig slijtage, zeer korte schakeltijd, geen ontluchtingsoverlap bij schakelovergang en geen lekverlies perslucht, steeds terug in rusttoestand.

Schuifventielen – meest gebruikt, weinig lekverlies perslucht vanwege O-ringen.





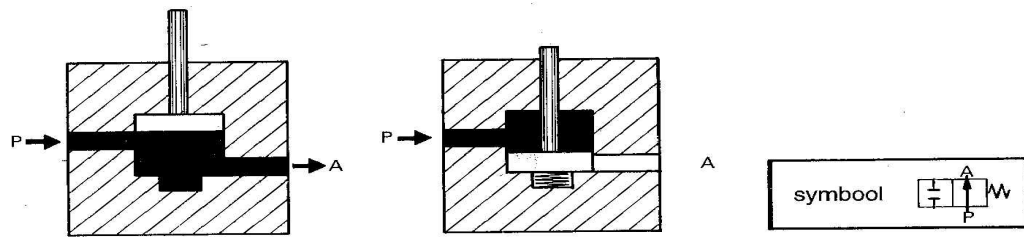


Fig. 4.81 Principeschets van een tweeweg-ventiel  
Ventiel functie: normaal open

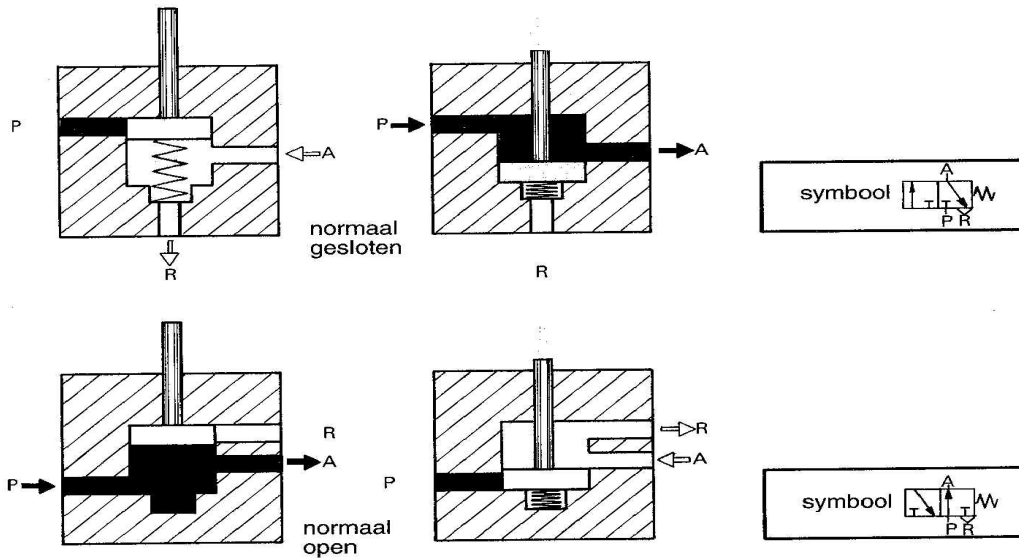


Fig. 4.82 Werking van een drieweg-ventiel;  
boven: een 'normaal gesloten'  
onder: een 'normaal open' ventiel

Fig. 179

Een drie-weg ventiel is juist inzetbaar voor de sturing van een enkelwerkende cilinder. Met twee stuks drie-weg ventielen of één vier-weg – of vijf-weg ventiel kan een dubbelwerkende cilinder worden gestuurd. Een ventiel kan worden bediend met de hand met een drukknop met of zonder vergrendeling, maar kan ook mechanisch worden bediend met een rol of een kantelrol of elektrisch worden bediend door een elektromagneet.

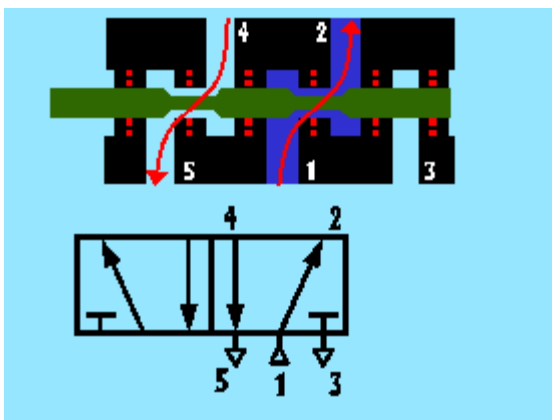


Fig. 180





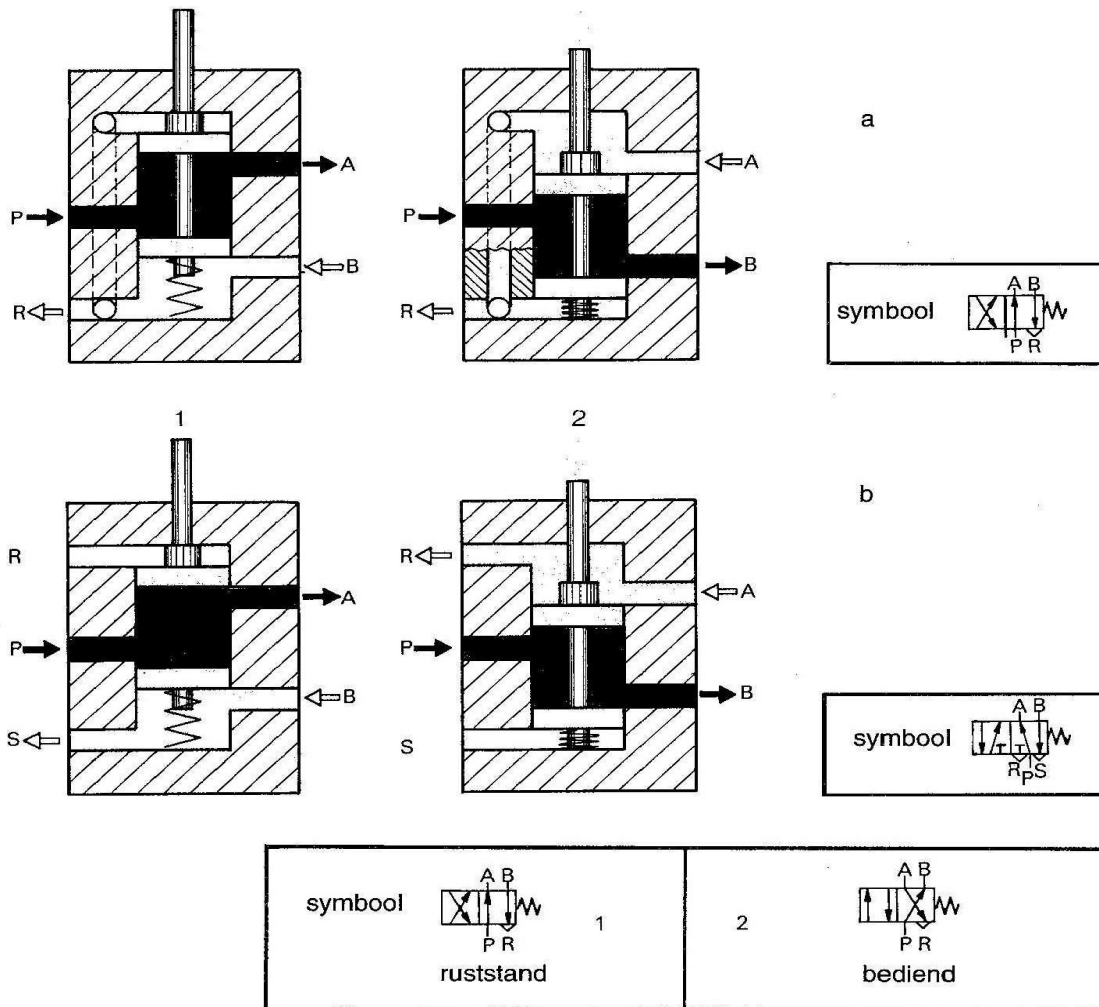


Fig. 4.83 Schema van een vier- en een vijfweg-ventiel  
 a. vierweg-ventiel met één ontluuchtingsopening  
 b. vijfweg-ventiel met twee ontluuchtingsopeningen

Fig. 181

Een ventiel kan fungeren als signaalgever, als stuurventiel of als positioneringelement. Bij directe bediening zit het bedieningselement vast aan het ventiel. Bij afstandsbediening kunnen ventielen worden bediend met gebruik van een elektrisch schema. Een elektrische schakelaar is het actieve element voor het ventiel. Een ventiel kan ook dienst doen als hulpventiel voor een ander ventiel. Het hulpventiel is vaak een klein ventiel, dat zorgt voor het omschakelen van het hoofdventiel. Samen stellen de ventielen het voor gestuurde ventiel voor.

Stroomregelventielen beïnvloeden voornamelijk de volumestroom perslucht. Hiertoe behoren de smoorventielen. Snelheidsregelventielen zijn ook smoorventielen, maar dan met een terugslagventiel. De smoring van perslucht is feitelijk de verlaging van de volumestroom per tijdseenheid. De perslucht stroomt vertraagd van punt 1 naar punt 2 en ongesmoord in omgekeerde richting.





Fig. 182

Bij toevoersmoring wordt de perslucht naar de cilinder gesmoord en wordt hoogst uitzonderlijk toegepast, bij een enkelwerkende cilinder. Bij afvoersmoring wordt de ontluchting van een cilinder gesmoord. Bij een dubbelwerkende cilinder wordt een veel gelijkmatige beweging van de zuiger gerealiseerd. Met een snelontluchtventiel wordt juist de zuigersnelheid vergroot.

Blokkeerventielen zijn ventielen die de doorstroming in de ene richting beletten en in de andere richting vrijgeven. Een leiding wordt dan afgesloten in de richting van het perslucht. Het perslucht zorgt dan voor de afsluiting.

Drukregelventielen regelen de druk van de perslucht. De veerkracht in een drukregelventiel komt overeen met de hoogst toelaatbare druk. De veerkracht is meestal instelbaar, zodat de maximale druk gelijk is aan de ingestelde gewenste druk.

[www.pneumatica.be/cursus/pneumatica03.doc](http://www.pneumatica.be/cursus/pneumatica03.doc)

Bij elektriciteit gebruiken we om een lamp aan te steken een schakelaar. Het is ook normaal dat we in de pneumatica "iets" gaan gebruiken om onze cilinders te schakelen. Bij pneumatica zijn dat de ventielen.

Zoals er in de elektriciteit verschillende soorten schakelaars zijn, afhankelijk van de toepassing, zo zullen er ook in de pneumatica verschillende soorten ventielen zijn. Deze kunnen verschillen van opbouw van het ventiel tot de soort bediening.

In dit hoofdstuk gaan we deze ventielen bestuderen.

### Algemene principe

Hier staat telkens de principetekening en het overeenkomstig symbool van de ventielen.

We kunnen hier enkele algemene regels meegeven:

- We tekenen een vierkant voor elke schakelstand (1 vierkant per stand).
- Het aantal getekende vierkanten geeft dus het aantal schakelstanden.
- De toevoerleidingen - aansluitingen tekenen we in het vak dat de normaalstand / rusttoestand inneemt.
- Door het overeenstemmende vierkant te verschuiven bekomen we de verschillende standen.
- Lijnen in de vierkanten geven de verbindingswegen aan in het ventiel. Pijlen geven de doorstromingsrichting weer.
- De bediening wordt ook symbolisch voorgesteld.



Voorbeeld

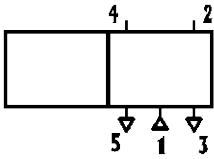


Fig. 183

Dit figuur is de basis van een ventiel. Enkel de verbindinglijnen - pijlen en de bediening moeten nog getekend worden. Wat kunnen we hier al afleiden?

We hebben hier te maken met een ventiel met 2 schakelstanden. Dit ventiel heeft 5 aansluitingen. 5 aansluitingen en 2 schakelstanden ==> een 5/2-ventiel Het rechtvakje van het ventiel is de rusttoestand.

Een 3/2-ventiel heeft 3 aansluitingen en 2 schakelstanden.

Een aansluiting is een verbinding met de persluchttoevoer, met de ontluchting, met een verbruiker (bv cilinder) of met de stuurpoort van een ander ventiel.

Voor elke schakelstand wordt er een rechthoek getekend. In elke rechthoek wordt het schakelbeeld getekend. In de rechthoek worden de verbindingen tussen de aansluitingen van het ventiel weergegeven.

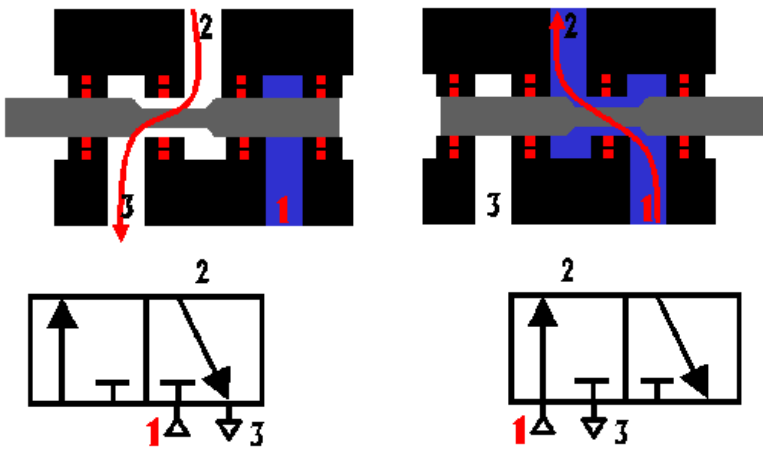


Fig. 184 In 1ste stand

Fig. 185 In 2<sup>de</sup> stand



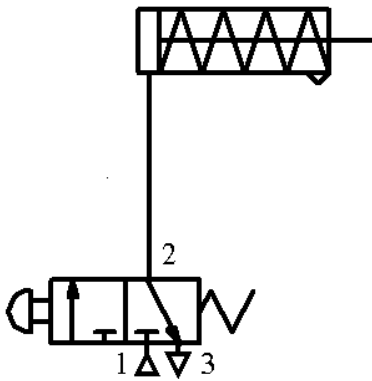


Fig. 186

Uitleg van dit schema:

In deze stand is het ventiel niet bediend. Volgens de stand van het ventiel kan er perslucht stromen van 2 (uit de cilinder) naar 3 (ontluchting).

Als we het ventiel bedienen, dan zal de perslucht in het ventiel van 1 naar 2 stromen. Hierdoor kan er perslucht komen op de zuiger van de cilinder. Deze cilinder zal uitschuiven (als de kracht uitgeoefend door deze cilinder groot genoeg is)

De cilinder zal uitgeschoven blijven staan zolang het ventiel bediend is.

Als we het ventiel niet meer bedienen, dan zal de perslucht vanuit de cilinder via 2 naar 3 stromen. De cilinder zal door de veerdruk terug inschuiven.

Een 5/2-ventiel heeft 5 aansluitingen en 2 schakelstanden. Aansluiting 1 is de verbinding met de perslucht. Aansluiting 3 en 5 zijn de ontluchtingen. En aansluitingen 2 en 4 gaan (meestal) naar een dubbelwerkende cilinder.

Als het ventiel in de eerste stand staat dan zal de perslucht stromen van 1 naar 2, en zal het ventiel zorgen voor een ontluchting van 4 naar 5. Ontluchting 3 wordt op dat moment niet gebruikt.

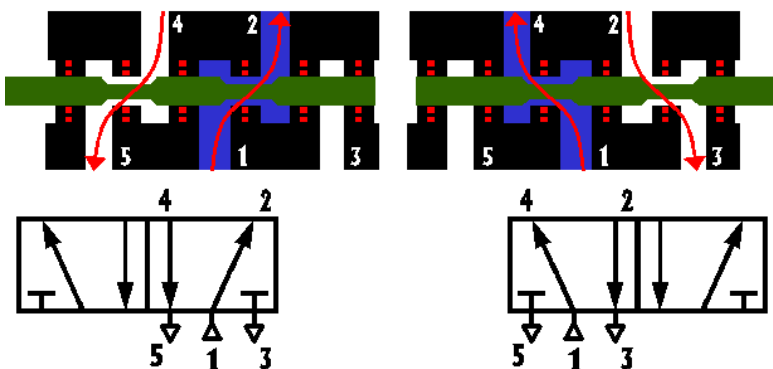


Fig. 187 In 1ste stand

Fig. 188 In 2de stand

Als het ventiel in de tweede stand staat dan zal de perslucht stromen van 1 naar 4, en zal het ventiel zorgen voor een ontluchting van 2 naar 3. Ontluchting 5 wordt op dat moment niet gebruikt.

A. Teken hier een dubbelwerkende cilinder en een drukknopbediend 5/2 ventiel.



Monostabiel: dit is een ventiel waarbij het ventiel een voorkeurstand heeft. Als het commandosignaal (in dit geval perslucht) wegvalt, dan gaat het ventiel terug in de voorkeurstand. (in dit geval stand 1) Het ventiel heeft dus 1 stabiele stand.

Bistabiel: Dit ventiel heeft geen voorkeurstand. Als het signaal wegvalt, dan blijft het in de laatst geschakelde stand staan tot er een tegengesteld signaal het ventiel terug doet omschakelen. Het ventiel heeft dus 2 stabiele standen.

Normaal gesloten: een normaal gesloten ventiel gaat in zijn niet-bediende-toestand de perslucht niet laten doorstromen. Als we het ventiel vervolgens wel gaan bedienen, dan zal de perslucht wel doorstromen.

Normaal open: een normaal open ventiel baat in zijn niet-bediende-toestand de perslucht laten doorstromen. Als we het ventiel vervolgens wel gaan bedienen, dan zal de perslucht niet meer doorstromen.

Ook in de elektriciteit wordt er gebruik gemaakt van de benaming normaal-open en normaal-gesloten. Normaal-open (maakcontact) bij elektriciteit wil zeggen dat het contact open staat, en er dus geen stroom kan vloeien. Dit is dus omgekeerd aan de betekenis van normaal open in de pneumatica ! Dit kan dus voor verwarring zorgen!

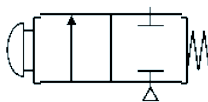
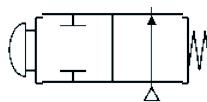
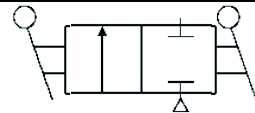


Drukknop      Hefboom      Rol      Kantelnok      Elektropneumatisch

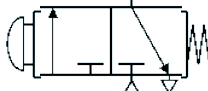
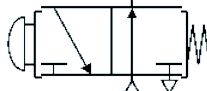
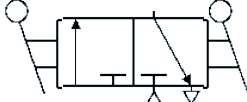
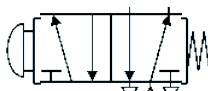
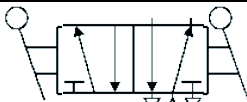
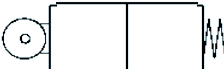
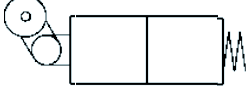







Fig. 189

De ventielen worden niet alleen ingedeeld volgens het aantal standen en het aantal aansluitingen, maar ook volgens de bediening.

Maak de onderstaande tabel compleet door het invullen van de tabel – en de ventielvakken.

	mono-stabiele ventielen		bi-stabiele ventielen
	normaal gesloten	normaal open	
handbediend 2/2 ventiel	 drukknop bediend veerretour	 drukknop bediend veerretour	 hefboom bediend



handbediend 3/2 ventiel	 drukknop bediend veerretour	 drukknop bediend veerretour	 hefboom bediend
handbediend 5/2 ventiel	 drukknop bediend - veerretour		 hefboom bediend
rolbediend ventiel			
kantelnok bediend ventiel			
pneumatisch bediend ventiel			
		 differentiaal ventiel	
elektromagnetisch bediend			
elektropneumatisch bediend			

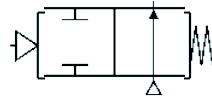
Wordt een ventiel bediend langs de linkerzijde, dan zal het linkervakje actief worden. Wordt hetzelfde ventiel bediend langs de rechterzijde, dan zal het rechtersvakje actief worden.



Geef het symbool van...

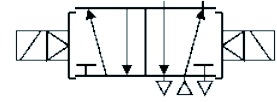
een monostabiël,  
normaal open, perslucht  
bediend 2/2 ventiel

oplossing:



een bistabiël,  
elektropneumatisch  
bediend 5/2 ventiel

oplossing:



een bistabiël,  
hefboombediend, 2/2  
ventiel

een normaal gesloten,  
rolbediend, 3/2 ventiel

een normaal open,  
kantelnokbediend 3/2  
ventiel

een bi-stabiël,  
pneumatisch bediend,  
differentiaal 5/2 ventiel

Het en-ventiel of tweedrukventiel

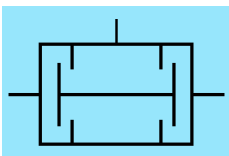


Fig. 190

Soms mag een bepaalde cilinder of bepaald ventiel slechts bediend worden als we er zeker van zijn dat twee of meerder ventielen tegelijkertijd bediend zijn.

Als er enkel op de linkerpoort perslucht aanwezig is zal het EN-ventiel de perslucht niet doorlaten. Als er enkel op de rechterpoort perslucht aanwezig is zal het en-ventiel de perslucht niet doorlaten. De perslucht zal enkel doorgaan als er op de linkerpoort EN op de rechterpoort perslucht aanwezig is.

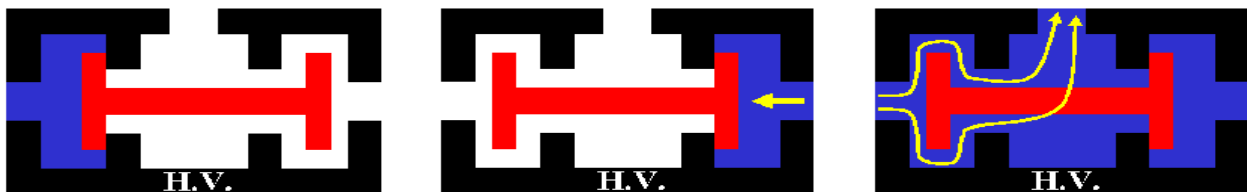


Fig. 191





## Het of – ventiel of wisselventiel

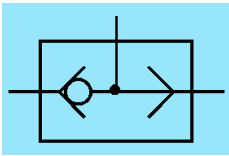


Fig. 192

Soms moet een cilinder afwisselend van meer plaatsen kunnen bediend worden. Het gebruik van een OF-ventiel vereenvoudigt deze schakeling.

Dit ventiel is samengesteld uit een huis, waarin zich een zuigertje of een kogel kan verplaatsen. Er zijn twee ingangen en één uitgang.

Als er enkel op de linkerpoort perslucht aanwezig is zal het of-ventiel de perslucht doorlaten. Als er enkel op de rechterpoort perslucht aanwezig is zal het of-ventiel de perslucht doorlaten. De perslucht zal doorgaan als er op de linkerpoort OF op de rechterpoort perslucht aanwezig is.



Fig. 193

### Wat is het verschil tussen deze twee schema's?

Beide situaties kunnen worden opgelost zonder de 'speciale' ventielen. Teken elk schema opnieuw, maar dan zonder het 'of' – of het 'en' ventiel.

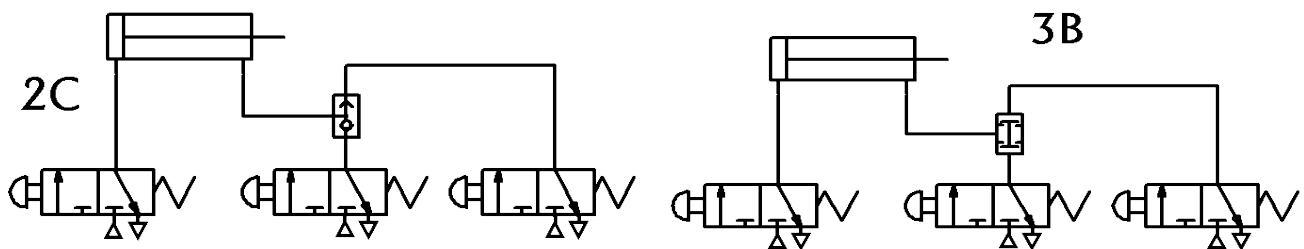


Fig. 194

Naderingsschakelaars werken contactloos. Een naderingsschakelaar met een pneumatisch uitgangssignaal onderbreekt de luchtstroom. Een permanente magneet in de zuiger zorgt dat een schakelbladveer in de naderingsschakelaar wordt aangetrokken, waardoor dan de luchtstroom in de schakelaar juist weer doorgang vindt. Een naderingsschakelaar met een elektrisch uitgangssignaal heeft een gesloten reed-contact vanwege magneetwerking vanuit de cilinder.



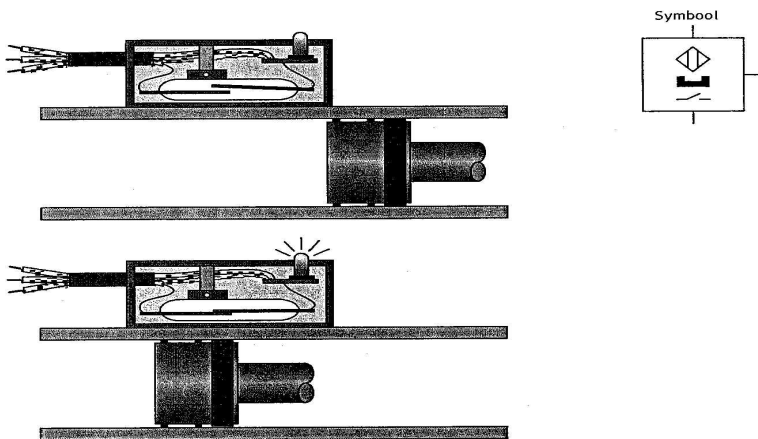


Fig. 195

De schakeling in de schakelaar is dan gesloten en wordt een elektrisch signaal afgegeven. Veel cilinders zijn dan ook voorzien van een ringvormige permanente magneet in de zuiger. Een andere cilinder moet dan ook meer dan 6 cm verwijderd zijn van een naderingsschakelaar bij een cilinder.

Inductieve sensoren werken ook contactloos en kunnen in een automatisch transportsysteem alle verplaatsingen van elektrisch geleidende voorwerpen signaleren.

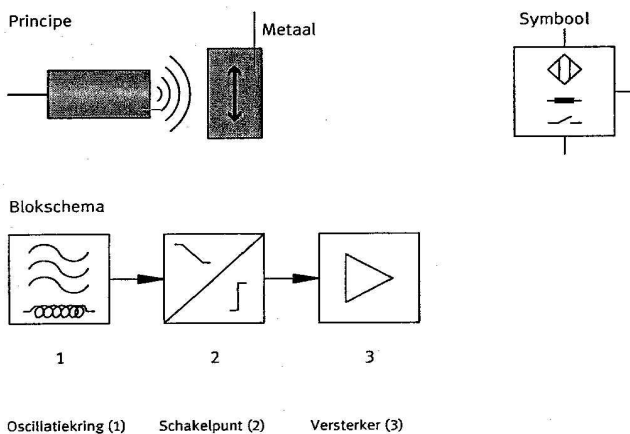


Fig. 196

Een elektronische besturing kan een afgegeven signaal van een inductieve sensor direct verwerken. Bij een naderend voorwerp kan een positief potentiaalverschil worden gegenereerd en bij een verdwijnend voorwerp wordt dan een negatief potentiaalverschil als uitgangssignaal afgegeven. Dit elektrische signaal kan dan weer via ventielen en cilinders tot een pneumatisch signaal worden omgezet. Voor het traceren van niet-geleidende voorwerpen worden opto-elektronische sensoren met een bereik van 1 mm – 10 m gebruikt.



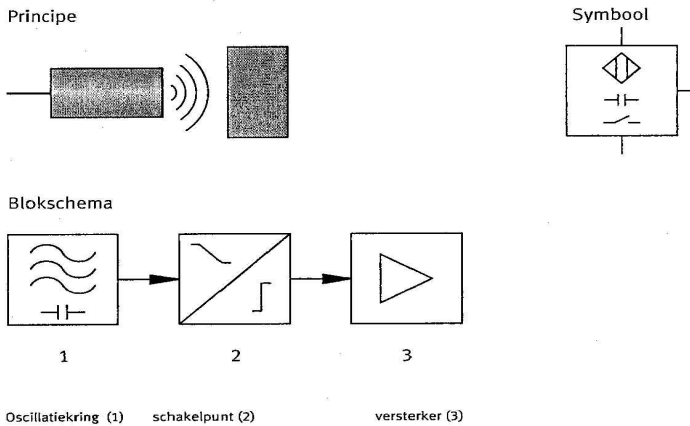


Fig. 197

Ter controle worden piëzo-elektrische druksensoren gebruikt voor de controle van de werkdruk in een automatisch pneumatisch systeem. Het uitgangssignaal is evenredig met de heersende gemeten druk op een willekeurige positie in het systeem. De druksensoren zijn ingedeeld in categorieën: < 2,5 bar, < 10 bar en < 16 bar.

De omzetting van een elektrisch signaal, vanuit een drukschakelaar of een PLC, naar een pneumatisch signaal wordt het vaakst uitgevoerd met een voor gestuurd magneetventiel, die dan zorgt voor het eigenlijke ventiel in de geopende stand blijft. Een elektrische stroom zorgt dat de kern magnetisch wordt en dan in de spoel omhoog komt en voor een blijvende opening van het ventiel zorgt. Het openen en sluiten gebeurt met een ventielmembraan.

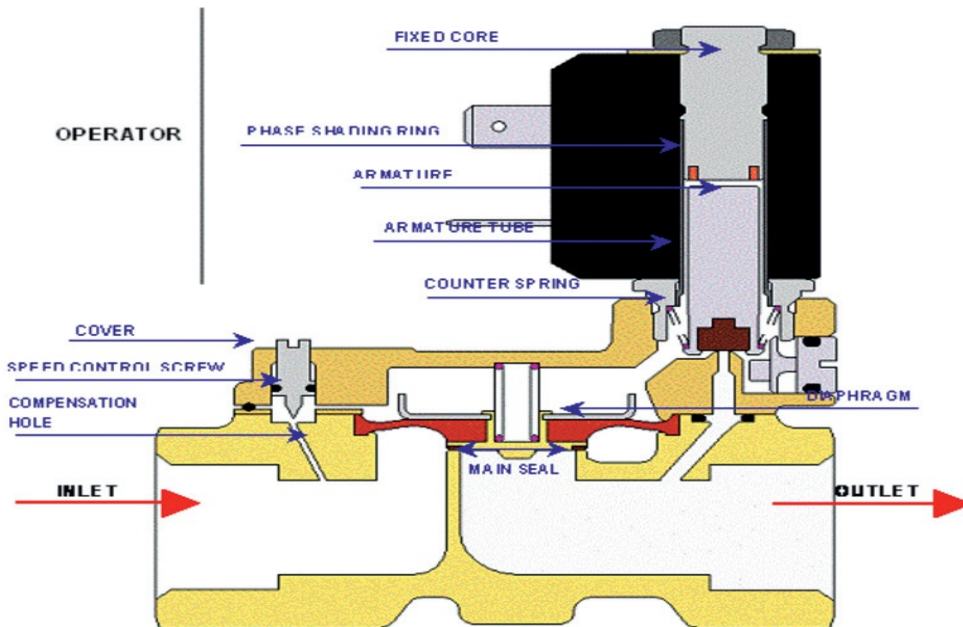


Fig. 198

### Besturingen

Hierbij is het belangrijk te weten met welke ventielen welke cilinders gestuurd kunnen worden. Bij het verkleinen van de zuigersnelheid kan een snelheidsregelventiel worden ingezet, maar voor het verhogen van de zuigersnelheid voor de uitgaande slag is het best om een ventiel te gebruiken met een grote doorlaat. De



verhoging is gering. Voor de ingaande slag kan nu een snelontluchtventiel worden gebruikt. Bij grote cilinders moet het stuurventiel grote doorlaten hebben. Een pneumatische besturing moet worden onderverdeeld in afzonderlijke besturingsketens, die zo mogelijk in de volgorde waarin de bedieningen plaatsvinden, onder elkaar worden weergegeven. In een pneumatische schema van een besturing komen alleen de pneumatische onderdelen, waar dus perslucht doorgaat, voor. In een elektrisch schema komen alleen drukknoppen en relais voor. De relais zijn vaak gekoppeld aan de ventielen, opdat deze dan geopend dan wel gesloten worden. Beide schema's vormen samen een elektropneumatische besturing.

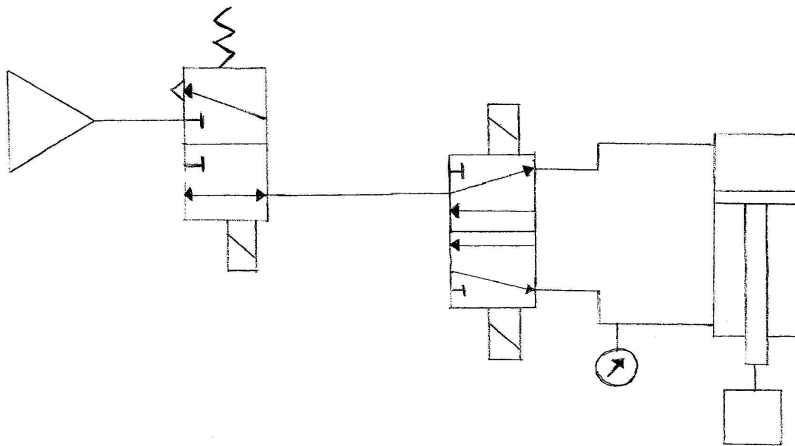


Fig. 199

Door een druk op de knop met vergrendeling en gebruik van het 1M1 relais laat het linker 3/2 ventiel perslucht door naar het volgende bistabiele 5/2 ventiel. De standverandering van het bistabiele ventiel wordt elektrisch gestuurd vanuit twee handbediende knoppen S2 en S4. Bij het indrukken van een knop S2 zorgt het relais K1 voor de elektrische stroom in relais 1M2, vastzittende aan het 5/2 ventiel. Elke drukknop stelt dan ook een relais in werking, waarbij het ventiel dan in één stand open is. Beide relais 1M2 en 1M4 zitten aan het 5/2 ventiel. Deze stand zorgt voor of de ingaande slag of de uitgaande slag van de dubbelwerkende cilinder. De drukmeter meet de perslucht voor de ingaande slag.

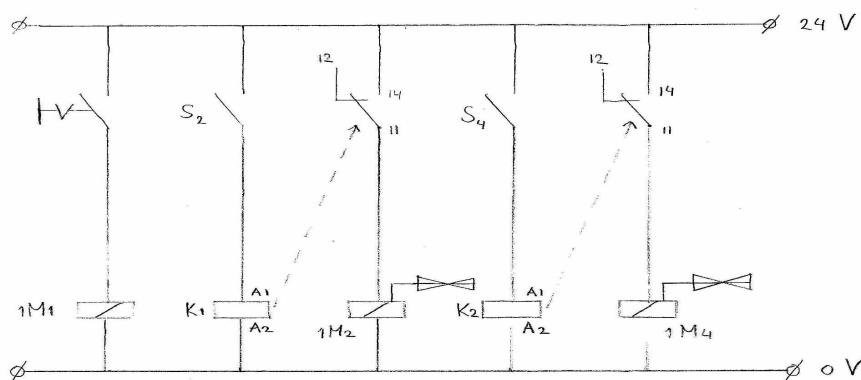


Fig. 200

### Logische schakelingen

Deze schakelingen zijn al geoefend op een systeembord. Hierop zijn allerlei automatismen te realiseren. Nu zijn deze automatische systemen ook op te bouwen met stuurventielen en pneumatische cilinders. Stuurventielen zijn uitermate geschikte constructie voor slechts twee uitgangssignalen ofwel '0' en '1'. Deze



signalen zijn discreet (binair) digitaal ofwel zorgen voor 'geen druk' of 'overdruk'. De bekende logische functies zijn de EN-, OF-, INV- en M-poorten.

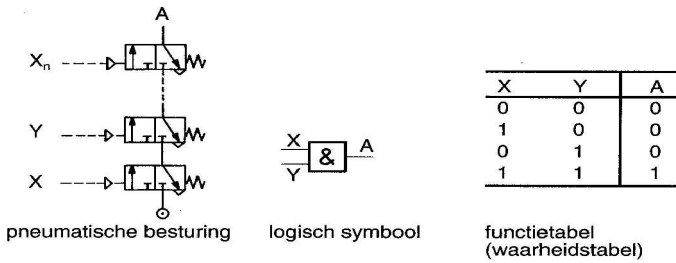


Fig. 5.19  
De EN-functie

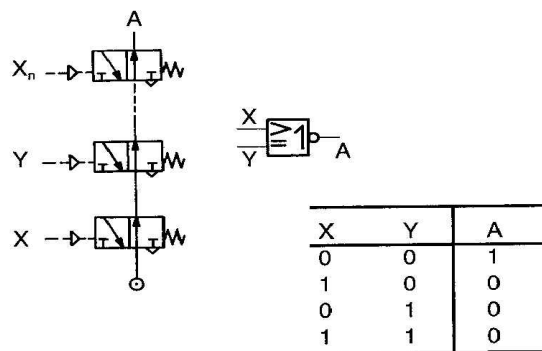
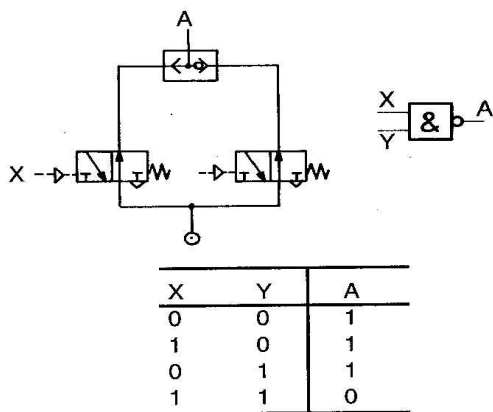
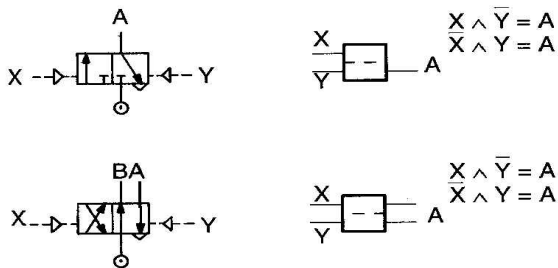
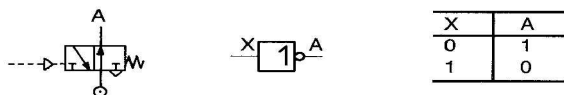
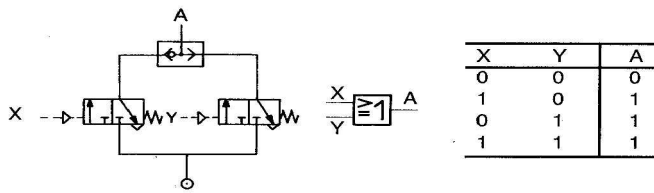


Fig. 201

Voor de besturing van een proces, bijvoorbeeld een sortering, is het belangrijk te beginnen met een stappenplan. In welke volgorde moeten een serie handelingen worden uitgevoerd. Elke kleine handeling is feitelijk één vaste besturingsstap. Elke stap bevat een EN-poort, een OF-poort en een GEHEUGEN-poort. De



OF-poort zorgt voor het in de beginstand zetten van het stappenplan. De EN-poort dient voor het activeren (set) van de eerstvolgende stap. Het geheugen is van belang het opheffen van de vorige stap (reset) en voor hoeveel stappen al zijn doorlopen. De afzonderlijke stappen blokkeren elkaar onderling. De stapvolgorde is ongewijzigd, en kan niet in een andere volgorde worden uitgevoerd. Elke stap bestaat uit een regeltechniek (PLC), gecombineerd met een pneumatisch schema. Deze stappenbesturing wordt dus gekenmerkt door automatische terugkoppelsignalen, waarbij het proces stap voor stap wordt uitgevoerd. Elke stap wordt voorbereid, uitgevoerd en uitgeschakeld (reset). Ter ondersteuning wordt vaak gebruik gemaakt van een stappenschakelaar. De stappenschakelaar is in feite een volgordebesturing met automatische stapsgewijze afhandeling van de besturingscyclus, waarbij het doorschakelen van ene stap naar de door programma ingestelde volgende stap steeds onder voorwaarde geschiedt. Complete besturing bevat vrijwel altijd een stappenschakelaar, geschikt voor gehele installatie of een machine. Hierbij is van belang dat het aantal mogelijke stappen toereikend is voor de gehele gewenste besturing. Een installatie is zo sneller en goedkoper te realiseren door gebruik van complete besturingen, in veelvoud te produceren en te leveren af fabriek.

pneumatische besturing van een zeefdrukmachine

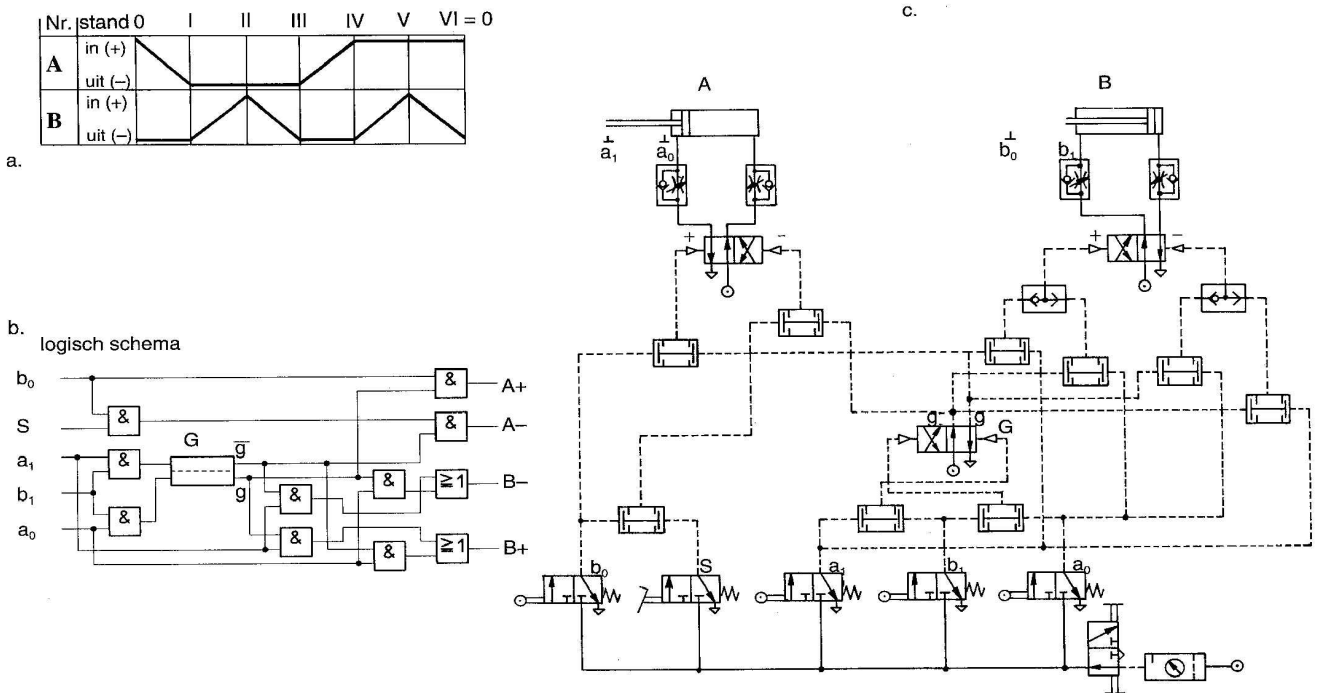


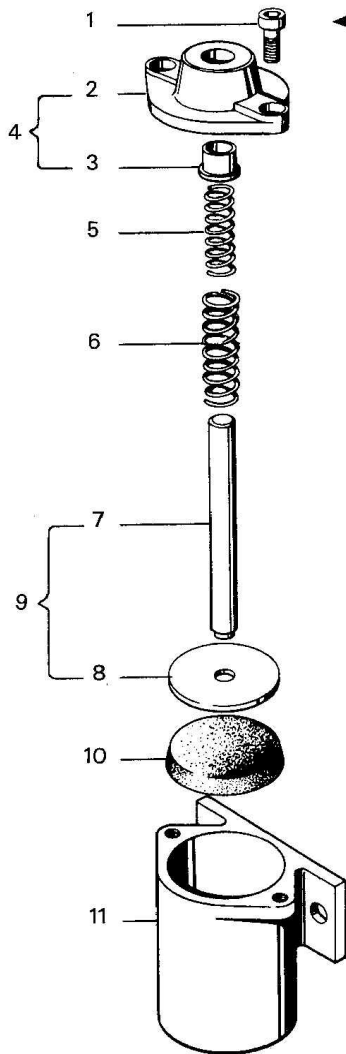
Fig. 5.26 Voorbeeld van een logisch schema en de omzetting ervan in een pneumatische besturing  
a bewegingsdiagram (weg-stapdiagram);  
b logisch schema;  
c schakelschema

Fig. 202



## Onderhoud

Een enkelwerkende en een dubbelwerkende cilinder bestaan uit veel onderdelen, waarvan enkele onderhoudsgevoelig zijn vanwege slijtage. Slijtage leidt tot kostbaar lekverlies van perslucht.



nr.	benaming, type...	bestelnr.	aant.
1	schroef inwendig zeskant 5x15	DIN 912 200 671	2
2	deksel	ZG-161 201 501	1
3	kraagbus	ZG-162 201 326	1
4	deksel (compleet)	ZG-05-02 100 229	1
5	drukveer	ZG-178 201 327	1
6	drukveer	ZG-179 201 328	1
7	zuigerstang	ZG176.2 202 506	1
8	schijf	ZG-164.1 202 503	1
9	zuigerstang (compleet)	ZG-05-01 100 113	1
*10	lipdichting	T-35 201 062	1
11	cilinderhuis	ZG-175 202 504	1
1	schroef inw. zeskant DIN 912/M5x35	200 049	4
2	schroef inw. zeskant DIN 912/M5x25	200 048	4
3	deksel	ZD-132 202 787	1
4	kraagbus	ZD-119.1 200 024	1
5	deksel compleet	ZD-116.1 100 144	1
6	flens type F of V	ZD-141.1 200 033	1
*7	schraapring	12x22x5/8 200 058	1
*8	V-manchet	12x22x7 200 055	1
*9	dichtingsring	40x35x0,5 200 061	2
10	veerring	ZD-121 200 026	2
11	klemring	ZD-120 200 025	2
12	cilinderbuis	ZD-101 200 002	1
13	zuigerstang	ZD-102 200 001	1
*14	dubbele lipmanchet	T-DUO 35 200 060	1
15	borgring	VH 8 200 051	1
16	zeskante moer (Cleveloc) M 8	200 047	1
17	bodemdeksel	ZD-117.1 100 209	1
18	schroef inw. zeskant DIN 912/M 5x25	200 048	4
19	scharnierflens type S	ZD-140.1 200 032	1
20	schroef inw. zeskant DIN 912/M 5x35	200 049	4
21	bevestigingsflens type H	ZD-138 200 031	2

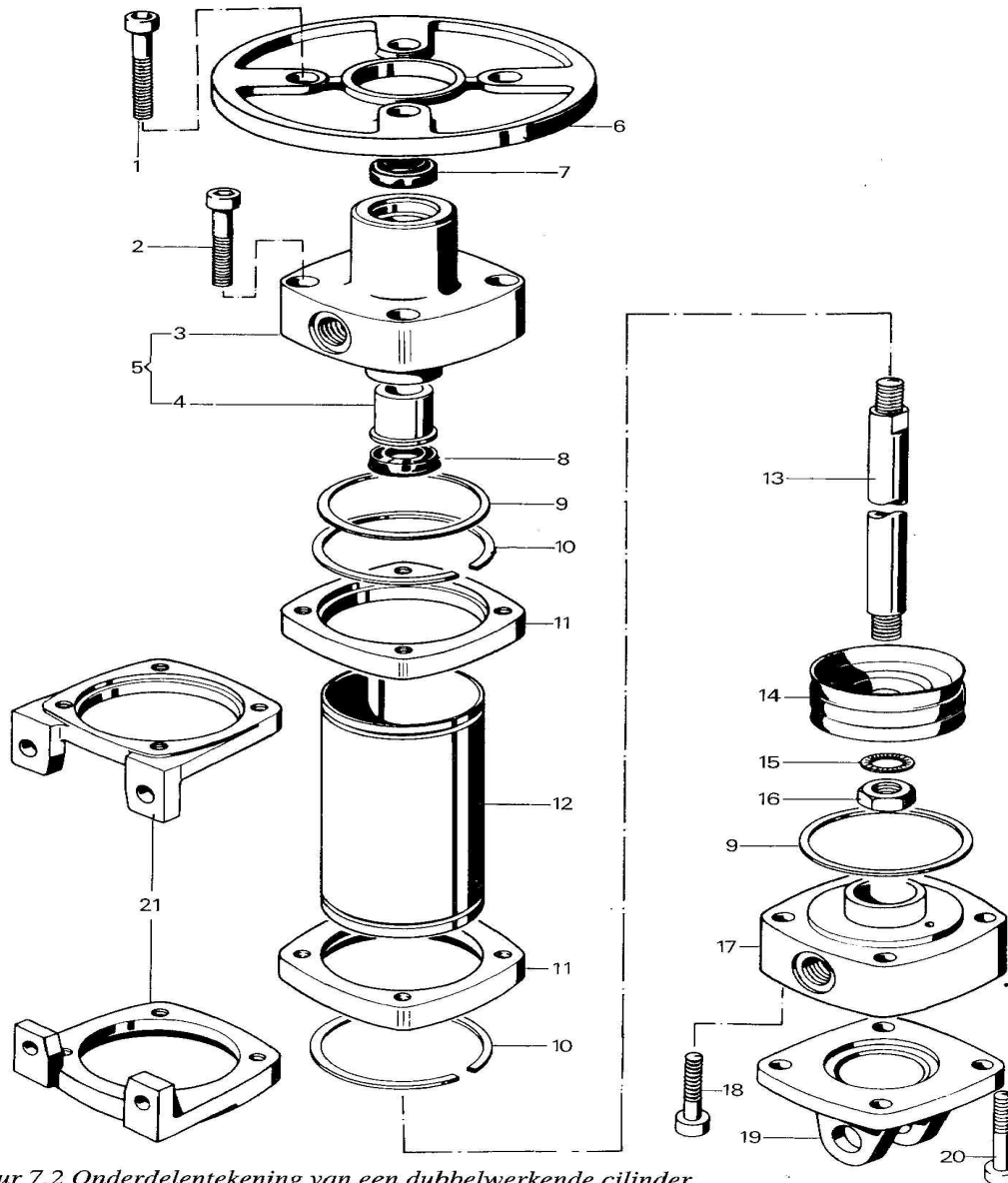
\* onderdelen die kunnen slijten

Figuur 7.1 Onderdelentekening en -lijst voor een enkelwerkende cilinder

Fig. 203







Figuur 7.2 Onderdelentekening van een dubbelwerkende cilinder

Fig. 204

Dagelijkse, maandelijks en halfjaarlijkse onderhoud is vooral gericht op lekverlies:

- Condensaat van de compressor uit het filter weg laten lopen;
- Filter van compressor schoonmaken met wasbenzine en doorblazen tegen de stroomrichting van het perslucht;
- Controleren van olieconsumptie uit oliepeilglas (max. 5 druppels/min.);
- Controleren van oliestand in oliepeilglas en indien nodig verse olie bijvullen;
- Controleren van porositeit en knikplaatsen van luchtslangetjes;
- Controleren van slangverbindingen in ventielen en cilinders;
- Schroefverbindingen en schroefkoppelingen aandraaien in leidingnet;
- De ventielen nazien door controle van de ontluichtopeningen in de beginstand;
- Controleren van cilinderonderdelen: zuigerstangbus, lagerbus, V-manchet en schraapring op slijtage;
- Vernieuwen van geluiddemperpatronen bij sterke vervuiling.



Het regelmatige onderhoud voorkomt hoge reparatiekosten en verkleint stilstand verlies tijdens werkuren.

### Opgaven

Kartonnen dozen moeten een dubbelwerkende cilinder worden opgetild. Kort voor het bereiken van de hoogste stand duwt een andere enkelwerkende cilinder de dozen horizontaal op de roltransportbaan. De sturing van het ventiel voor de eerste cilinder moet met de hand worden gedaan, terwijl de sturing van de tweede cilinder wegafhankelijk is. Deze wegafhankelijkheid kan worden bewerkstelligd met een reed-contact. Het aan te raden de eerste cilinder te smoren , te verlagen van de zuigersnelheid van de uitgaande slag.

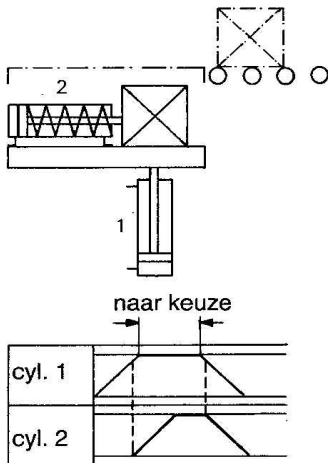
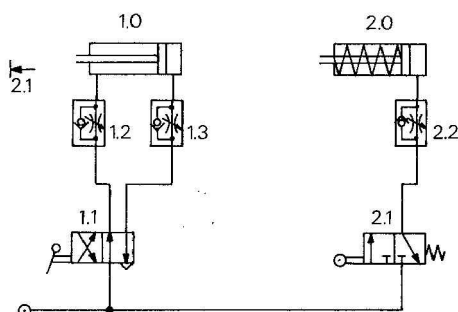


Fig. 205

Maak een pneumatisch schema met:

- Een compressor
- Een enkelwerkende cilinder
- Een dubbelwerkende cilinder
- Drie snelheidregelventielen
- Een mechanisch met rol bediende veergestuurde 3/2 ventiel
- Een door een hefboom handbediende veergestuurde 3/2 ventiel

Antwoord:

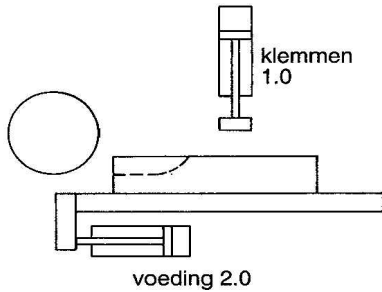


Uitgewerkt schakelschema bij opgave 1

Fig. 206



Met een freesmachine worden gleuven in aluminiumroeden voor de kassenbouw gezaagd. Het vastzetten van de kasroede op de tafel en de beweging van de zaagtafel gebeurde eerst met de hand en wordt nu pneumatisch gerealiseerd. De roede moet net zo lang worden vastgehouden totdat het zagen voorbij is. De tafel moet langzaam beweging voor nauwkeurig zaagwerk.



cilinder 1.0							
klemmen							
cilinder 2.0							
aanzet							

Fig. 207

Maak een pneumatisch schema met:

- Een compressor
- Twee dubbelwerkende cilinders
- Twee 4/2 ventielen
- Een snelheidsregelventiel
- Twee mechanische met kantelrol bediende veergestuurde 3/2 ventielen
- Een met drukknop handbediende veergestuurde 3/2 ventiel
- Een mechanisch met rol bediende veergestuurde 3/2 ventiel

Antwoord:

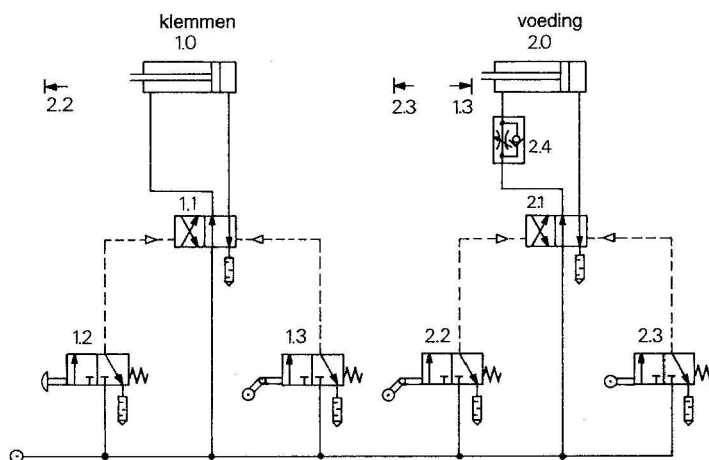
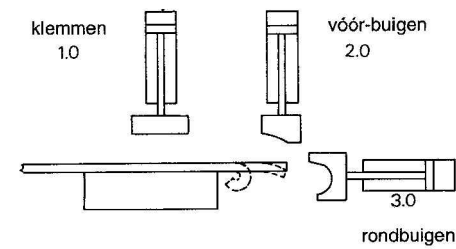


Fig. 208



Met een pneumatische bediend buiggereedschap moeten ogen aan een scharnier gebogen worden. Met een eerste buigstempel aan een cilinder wordt het scharnierdeel voorgebogen. Met een twee buigstempel aan een cilinder wordt de verbuiging compleet tot de definitieve vorm.



cilinder 1.0 klemmen				
cilinder 2.0 vóór-buigen				
cilinder 3.0 rondbuigen				

Fig. 209

Maak een pneumatisch schema met:

- Een compressor
- Een enkelwerkende cilinder
- Twee dubbelwerkende cilinders
- Drie 4/2 ventielen
- Drie mechanische met kantelrol bediende veergestuurde 3/2 ventielen
- Twee mechanische met rol bediende veergestuurde 3/2 ventielen
- Een met drukknop handbediende veergestuurde 3/2 ventiel

Antwoord:

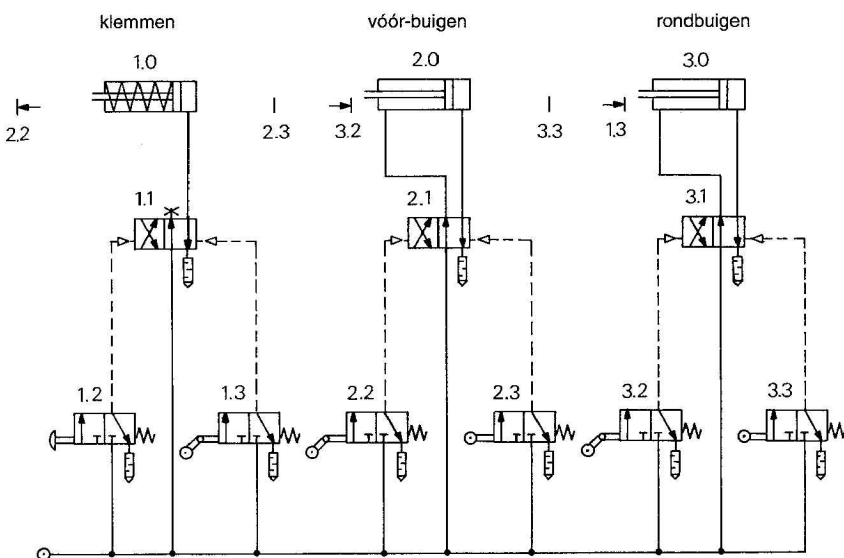


Fig. 210



Deze opgaven zijn goed te beantwoorden met gebruik van het simulatieprogramma FluidSIM.

Einde reader

**Werken met Meclab (Festo)**

Voor het werken met het programma FluidSIM moet het eerst worden geprogrammeerd in de computer: 1. plaats de CD-ROM in de computer, 2. start Setup.EXE en volg de instructie op het scherm.

Met dit programma kun je alle benodigde materialen uit de voorraad pakken voor een gewenst pneumatisch schema. Ook een elektrisch schema moet worden kunnen ontworpen, dat via één of meerdere relais in verbinding staat met een pneumatisch schema. Kortom FluidSIM is een goede interactieve methode voor het uitvoeren van automatische systemen, aangedreven op perslucht.

Meclab bestaat uit drie compleet gemonteerde stations, met afzonderlijk een eigen functie, maar moeten wel eerst in bedrijf worden gesteld volgens de volgende stappen:

- Steek de EasyPortMini in de geschikte SubD poort van het I/O aansluitpaneel
- Sluit de spanningsbron aan de op de EasyPortMini
- Sluit de EasyPortMini aan op de PC met behulp van de USB kabel
- Start FluidSIM, klik op het bestand openen en open het geschikte voorbeeldprogramma
- Start het voorbeeldprogramma door te klikken op de startdriehoek in FluidSIM

Voorbeeldprogramma	Voor station	Functie
1-4.ct	stapelmagazijn	Handmatige aansturing van een enkelwerkende cilinder
1-5.ct	stapelmagazijn	Handmatige aansturing van een dubbelwerkende cilinder
1-7.ct	stapelmagazijn	Utschuiven en aandrukken van de deksel op het potje (automatisch)
2-5a.ct	transportband	Transportband inschakelen met behulp van de optische naderingsschakelaar
2-7.ct	transportband	Transportband inschakelen met behulp van de optische naderingsschakelaar, uitsorteren van metalen producten, transportband uitschakelen na 5s
2-8.ct	transportband	Zoals 2-7.ct, echter met handmatige omkeerschakeling
DC MOTOR RELAIS. ct	transportband	Handmatig in- en uitschakelen van de motor, met omkeerschakeling
3-4.ct	handling	Handmatig aansturen van de Z-as
3-6.ct	handling	Automatisch aansturen van de Z-as, continue beweging
3-7.ct	handling	Automatisch verplaatsen van een product van de achter naar voren

Fig. 211



Aansluiten van elektrische bedradingen gebeurt alleen in spanningsloze toestand. De spanning is maximaal 24 V ≈. De maximale toelaatbare werkdruk = 6 bar. Pas als alle slangverbindingen met zekerheid goed vastzitten mag het perslucht worden toegevoerd aan het pneumatische systeem. Het loskoppelen van de slangetjes kan het best worden uitgevoerd zonder overdruk.

### Station 1: Stapelmagazijn

Het stapelmagazijn is een eenvoudige methode om producten op te slaan. Handmatig kunnen ventielen en cilinders worden aangestuurd. Voor automatische aansturing kan FluidSIM worden gebruikt. De belangrijke onderdelen van het stapelmagazijn zijn:

- Magnetische naderingsschakelaar voor het signaleren van de eindstanden cilinder
- 3/2 ventiel
- Enkelwerkende cilinder: slaglengte = 50 mm, zuigerdiameter = 10 mm
- Dubbelwerkende cilinder: slaglengte = 50 mm, zuigerdiameter = 10 mm
- 4/2 magneetventiel met pneumatische veer
- Bistabiele 4/2 magneetventiel
- Snelheidsregelventiel
- I/O aansluitpaneel

Teken symbolen van de 3 soorten ventielen.



Fig., 212

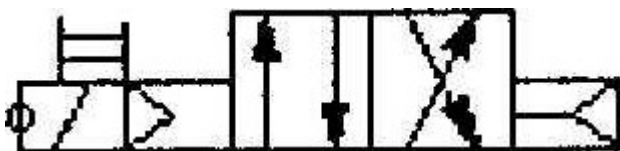


Fig. 213

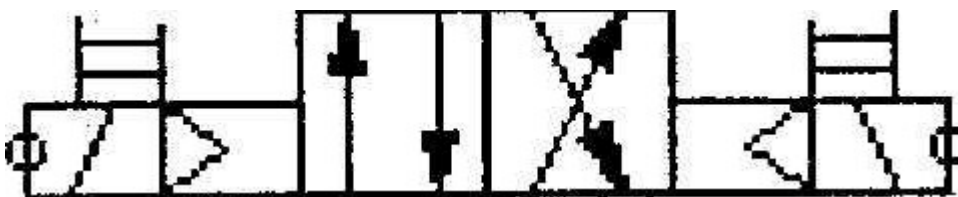


Fig. 214



Teken het symbolen van de 2 soorten cilinders.



Fig. 215

**Wat is de functie van een I/O aansluitpaneel?**

Dit paneel vormt de overbrugging tussen een aangesloten computer/laptop op een station met ventielen en cilinders. Met een elektrisch schema kan het pneumatische schema worden aangestuurd, opdat dan een druk op de knop een actie in het stapelmagazijn teweegbrengt. Magneetspoelen in het elektrische schema moeten overeenkomstige benaming hebben in het pneumatische schema.

Maak met gebruik van FluidSIM het elektrische en – pneumatische schema voor het stapelmagazijn.

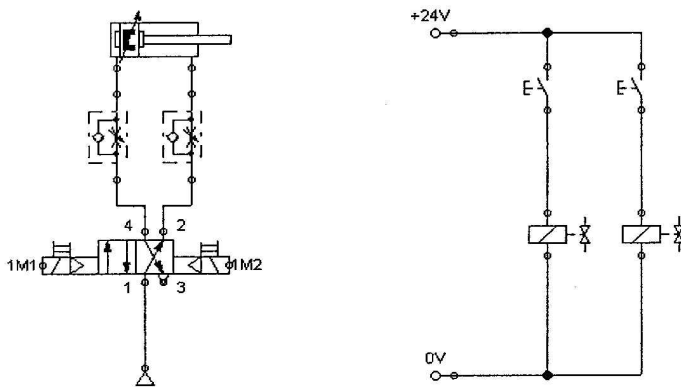


Fig. 216

Het testen kan worden gedaan door eerst het I/O aansluitpaneel juist te coderen, dat betekent dat in het elektrische – en pneumatische schema en op I/O aansluitpaneel de coderingen allemaal identiek zijn. Het stapelmagazijn is nu functioneel.

**Welke kleine specifieke handelingen doet dit stapelmagazijn?**

Door kort op een knop te drukken, maakt een dubbelwerkende cilinder een uitgaande slag (doorschuiven product). Bij het indrukken van een andere knop gaat deze cilinder weer in de oorspronkelijke stand, klaar voor het opnieuw doorschuiven.

**Station 2: Transportmagazijn**

De belangrijkste bestanddelen van een transportband zijn:

- Gelijkstroommotor
- Magneetspoel (stopper / wissel)





- Inductieve sensor
- Optische sensor
- I/O aansluitpaneel
- Relais

Teken het symbool van een inductieve sensor.

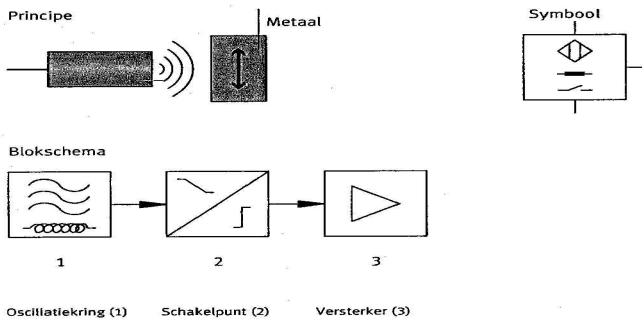


Fig. 217

Leg in eigen woorden uit hoe de transportband werkt.

De motor start als op een knop zonder vergrendeling gedrukt wordt. Een M – poort (PLC) zorgt voor het blijven draaien van de motor. De motor stopt door op een tweede knop te drukken of bij een onderbreking van de lichtstraal door een passerend voorwerp op de lopende band. Een lampje van een sensor brandt bij een onderbreking.

**Wat is het verschil in gebruik van een optische sensor en een inductieve sensor voor de transportband?**

Met een optische sensor worden alle passerende voorwerpen waargenomen. Een inductieve sensor 'ziet' alleen metalen voorwerpen.

Een PLC programmeren is te vergelijken met het gebruik van Systeembord, waarin ook poorten moeten worden gebruikt. De symbolen van de poorten in een PLC wijken net even af van de gebruikte poorten voor het simulatieprogramma Systeembord.



Symbol	Omschrijving	Functie
	EN	De uitgang gaat pas in de stand 1 staan, als alle ingangen de stand 1 hebben. Wordt een ingang van dit blok niet gebruikt dan is deze automatisch in stand 1.
	OF	De uitgang krijgt de stand 1 wanneer tenminste één ingang de stand 1 heeft. Wordt een ingang van dit blok niet gebruikt dan is deze automatisch in stand 0.
	NIET	De uitgang gaat in de stand 1 staan, als de ingang stand 0 heeft. Het blok inverteert de stand van de ingang.
	NIET EN (NEN)	De uitgang komt alleen in de stand 0 wanneer alle ingangen de stand 1 hebben. Wordt een ingang van dit blok niet gebruikt dan is deze automatisch in stand 1.
	Geheugen	Via de bovenste ingang wordt de uitgang in de stand 1 gezet (set). Via de onderste ingang wordt de uitgang weer in de stand 0 gezet (reset)
	In- / uitschakeltijd- vertraging	De uitgang gaat in de stand 1 staan, als de ingang, gedurende een eerste ingestelde tijd, in de stand 1 staat. De uitgang gaat weer in de stand 0 staan, als de ingang, gedurende een eerste ingestelde tijd, in de stand 0 staat.
	Klok	De uitgang gaat, na een eerste ingestelde tijd, in de 1 stand staan en, na een tweede ingestelde tijd in de stand 0 staan. Deze cyclus kan herhaald worden.
	Merkteken	De uitgang is gelijk aan de stand van de ingang en wordt uitgezonden. Hierdoor is het mogelijk deze stand te gebruiken als ingang van een ander blok.
	Teller	Telt, hoe vaak de middelste ingang in de stand 1 staat. Na het bereiken van het ingestelde aantal wordt de uitgang op 1 gezet. Met de onderste ingang kan de telrichting bepaald worden. Met de bovenste ingang kan de telwaarde op 0 gezet worden.

Fig. 218



Maak met gebruik van FluidSIM het elektrische schema voor de transportband.

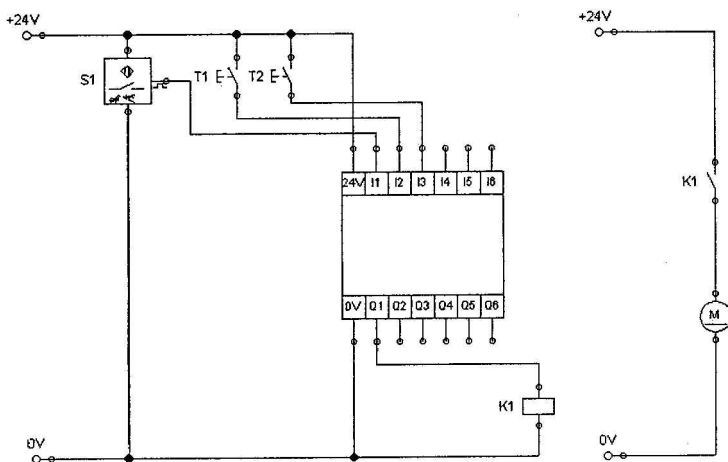


Fig. 219

Maak met poorten het logische schema van een PLC.

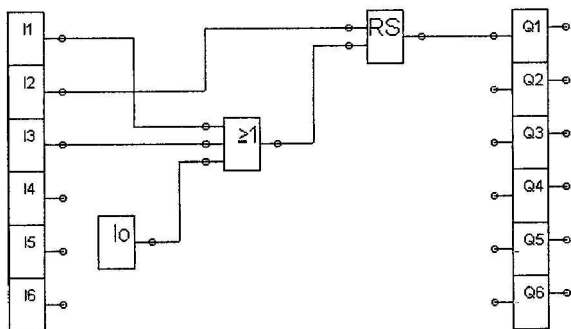


Fig. 220

### Station 3: Sorteren

In het sorteerstation staat de industriële robot centraal. Robots zijn vrij programmeerbaar vanwege vrije beweging met meerdere vrijheidsgraden (minimaal 4 assen). Het werktempo ligt hoog ( $> 1$  m/s) met een grote herhalingsnauwkeurigheid ( $< 50$   $\mu$ m). De robot met gripper in het station is in staat om producten op te pakken uit een voorraad, af transportband en te plaatsen in de juiste sorteerlijn. Het te sorteren product is van belang van het type gripper:

- Mechanische gripper zijn vergelijkbaar met vingers, maar moeten wel worden aangepast aan het product.
- Vacuümgrippers pakken het product met onderdruk, alleen geschikt voor vlakke massieve producten.
- Magneetgrippers pakken alleen magnetiseerbare producten.
- Plakgrippers pakken producten dankzij plakfolie op de grippers. Plakfolie verliest snel hechttingskracht vanwege vervuiling.

Het sorteerstation is slechts 2 – assig. De ene cilinder beweegt in de horizontale richting (X) en de andere cilinder beweegt in de verticale richting (Y). Aan de verticale cilinder zit een gripper.



De belangrijke onderdelen van het station sorteren zijn:

- 2 dubbelwerkende cilinders
- 4 magnetische naderingsschakelaars
- Een mechanische grijper met 2 vingers, aangepast voor cilindrische voorwerpen.
- Eén 3/2 ventiel
- Twee 4/2 ventielen (één monostabiel, één bistabiel) met nood handbediening
- Vier snelheidsregelventiel
- I/O aansluitpaneel

Leg de werking van een magnetische naderingsschakelaar uit.

De sensor neemt de positie waar van de zuiger in de cilinder door magneetwerking. De plaats van de sensor bepaalt de slaglengte.

Wat is het verschil tussen beide 4/2 ventielen?

Het monostabiele ventiel heeft wel een pneumatische veer. Bij een afgesloten perslucht toevoer zorgt de veer voor het ventiel in de rusttoestand. In slechts één stand is het ventiel stabiel en blijft dan in deze stand staan.

Noem alle kleine specifieke handelingen in volgorde van oppakken tot loslaten van voorwerp op de juiste positie. Gebruik de volgende woorden: cilinder Y-AS, cilinder X-AS, omhoog, omlaag, grijper dicht, grijper open.

cilinder Y omlaag, grijper open – pakken van voorwerp - grijper dicht, cilinder Y omhoog, cilinder X naar links, cilinder Y omlaag, grijper dicht – loslaten voorwerp – grijper open, cilinder Y omhoog (IN), cilinder X naar rechts (IN). Maak met gebruik van FluidSIM een elektrisch – en een pneumatisch schema voor het sorteestation.

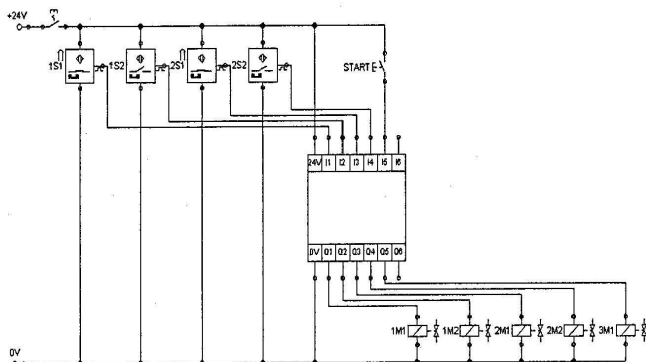
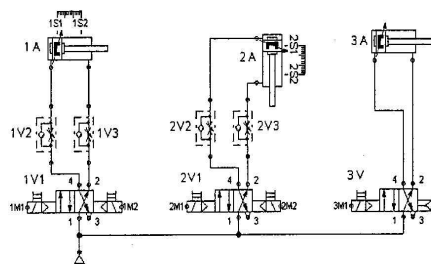


Fig. 221



Maak met poorten het logische schema van een PLC (moeilijke opgave).

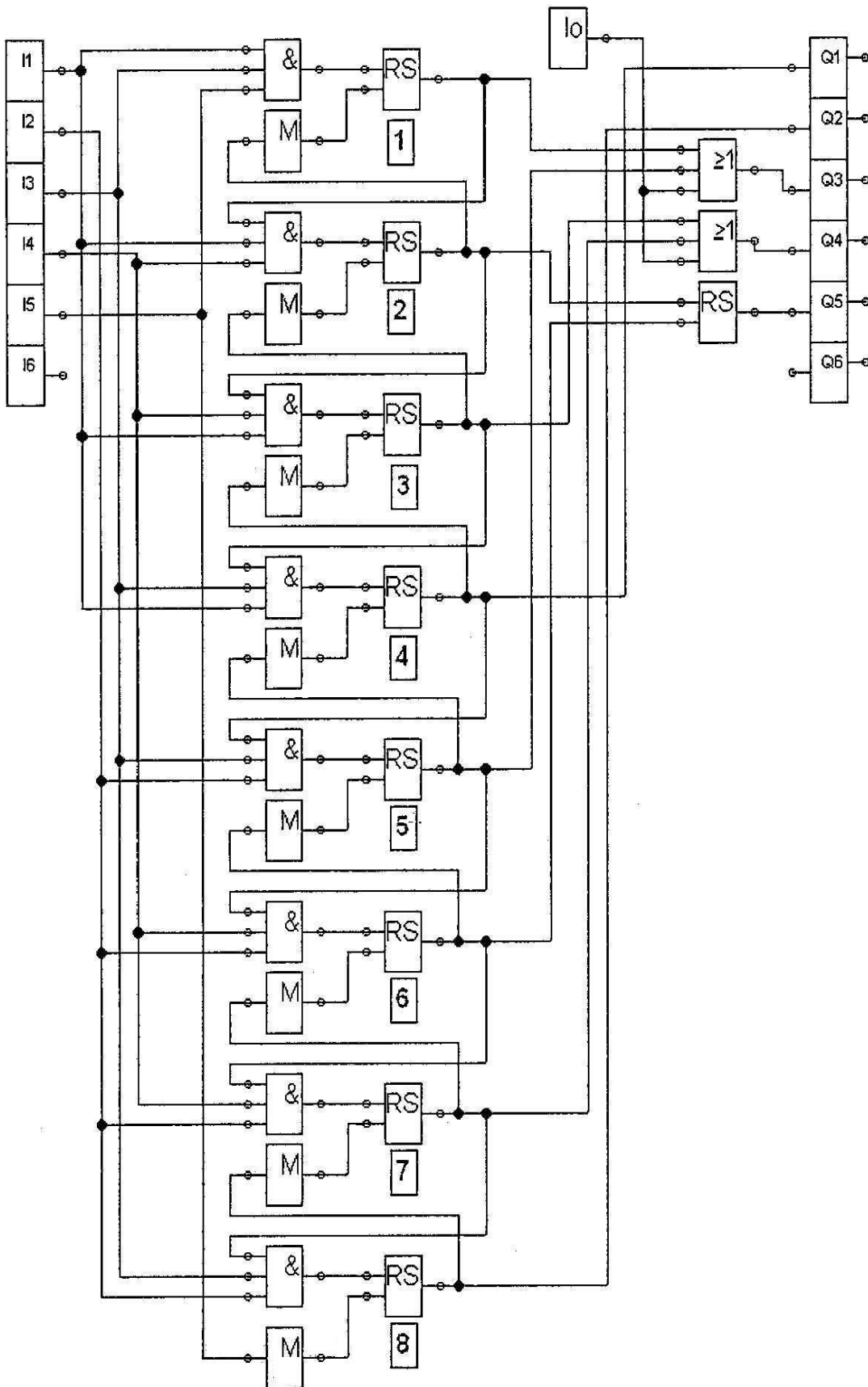


Fig. 222



## Toets Pneumatiek

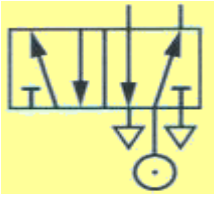
Techniek II: Pneumatiek	Diagnostische toets
Tijdsduur:	90 minuten
Hulpmiddelen:	Rekenmachine, FluidSIM
Maximaal aantal te behalen punten:	36 + 4
Het aantal punten om de toets voldoende af te sluiten:	22

1. Welke drie redenen kunnen bestaan voor het automatiseren van logistiek transport in de glastuinbouw?  
Arbeidsbesparing – lange ‘werkdagen’ – minder foutief – betere planning – duurzaam
2. Waarvoor wordt buffering bij een pneumatische cilinder toegepast?  
Een cilinder heeft buffering, waardoor een slag met grote snelheid niet hard tegen een deksel aanslaat. De slag remt af door instelbare buffers. Aan het einde van een slag wordt de cilinder van persluchttoevoer afgesloten, waardoor in de cilinder aanwezige lucht wordt samengeperst. Deze lucht kan dan alleen via smoring de cilinder verlaten, waardoor het laatste gedeelte van de slag langzaam verloopt.
3. Waarom wordt de in – en uitgaande slagsnelheid van een cilinder geregeld volgens het principe ‘ongesmoord in’ en ‘gesmoord uit’?  
De volledige luchtdruk zal de cilinder ingaan, terwijl de uitgaande lucht uit de cilinder via een smoring naar het ventiel teruggaat. Dit voorkomt een ‘stick-slip effect’, dat een hortende beweging van de zuiger. Bij inlaat van perslucht via een smoring ontstaat dan wel deze beweging, omdat telkens de luchtdruk in de cilinder moet worden opgebouwd voor verdere voortgang van de ingaande – of uitgaande slag. Bij elk gedeelte van de slag neemt namelijk steeds de luchtdruk af. De luchtdruk moet dan weer worden opgebouwd, voordat de slag zich weer voortzet.
4. Wat is het werkingsprincipe van een inductieve sensor ?  
Bij het passeren van alleen metalen (magnetisch of elektrisch geleidend) voorwerpen, ontstaat een zeer geringe wervelstroom tussen het voorwerp en de sensor. De opgewekte wervelstroom kost energie, die leidt tot een verminderde sterkte van het magnetische veld van de sensor. Een elektronische schakeling in de sensor zorgt dan voor een elektrische signaal op de uitgang en vaak ook op een LED-lampje.
5. Wat is het belangrijkste onderdeel van een capacitieve sensor ?  
Een capacitieve sensor reageert op alle soorten voorwerpen. Het belangrijkste onderdeel van deze sensor is de condensator. De condensatorplaten zijn in een sensor min of meer elektroden. Bij het passeren van een voorwerp (ook van metaal) wordt tussen de elektroden een elektromagnetisch veld opgewekt. Een elektronische schakeling houdt het elektromagnetische veld in stand en versterkt dit veld tot een uitgangssignaal.



6. Wat is de andere naam voor een OF-ventiel ?  
Wisselventiel.

7. Teken het symbool van een 5/2-ventiel.



8. In een zeer eenvoudige sorteerinstallatie worden op een transportketting balken aangevoerd, die goed zijn als a) en b) zijn bediend. Alle balken liggen aan een zijde tegen een schot. Op een zeker moment passeert elke balk drie signaalgevers a), b) en c) en een uitwerpcilinder. Ontwerp een pneumatisch schema met gebruik van FluidSIM, die zorgt voor het feit dat alle te lange of te korte balken worden uitgeworpen. Sla het bestand op met de volgende naam: balken.ct

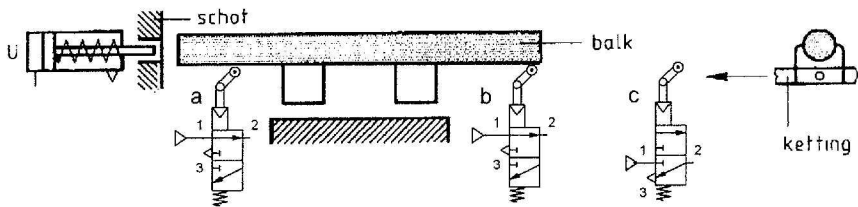


Fig. 223

Pneumatische schema:

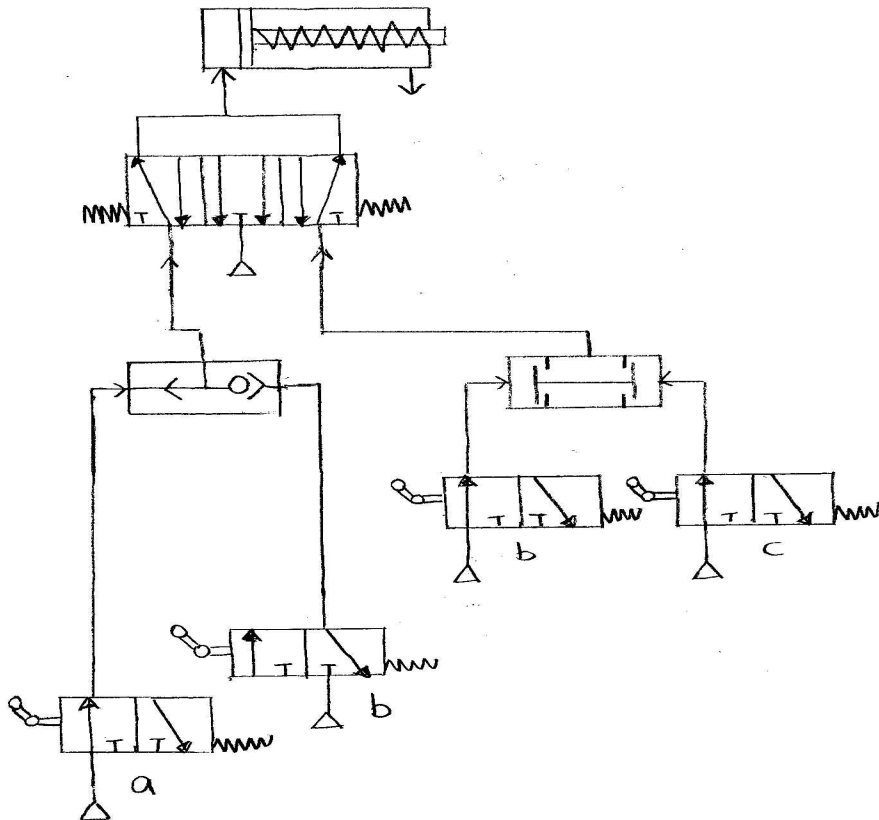


Fig. 224





Voor te lange balken geldt dat pas als cilinder c) tegelijk met de cilinders a) en b) worden geactiveerd via de kantelrol bediending, zal de enkelwerkende cilinder een uitgaande slag uitvoeren. De balk wordt dan uitgeworpen. Hiertoe moet de lucht van cilinder c) en van cilinder b) door een EN-ventiel en een 5/3 – ventiel (middenstand ontlucht) naar de ingang van de cilinder.

Voor te korte balken wordt alleen de cilinder a) geactiveerd, waarbij dan ook de enkelwerkende cilinder een uitgaande slag uitvoert. Hierbij moeten juist de cilinders b) en c) niet zijn geactiveerd. De lucht van cilinder a) moet door een OF-ventiel naar de 5/3 –ventiel (middenstand ontlucht) naar de ingang van de cilinder, waarmee de te korte balk met een uitgaande slag wordt uitgeworpen.

9. Een dubbelwerkende cilinder maakt de uitgaande slag aan een regelbare snelheid indien twee drukknoppen bediend zijn. De ingaande slag volgt automatisch en op volle snelheid na het beëindigen van de uitgaande slag of door het indrukken van een derde drukknop.

10. Teken een pneumatisch – en elektrisch schema met gebruik van monostabiele ventielen (gebruik FluidSIM). Sla het bestand op met de volgende naam: smoring9A.ct

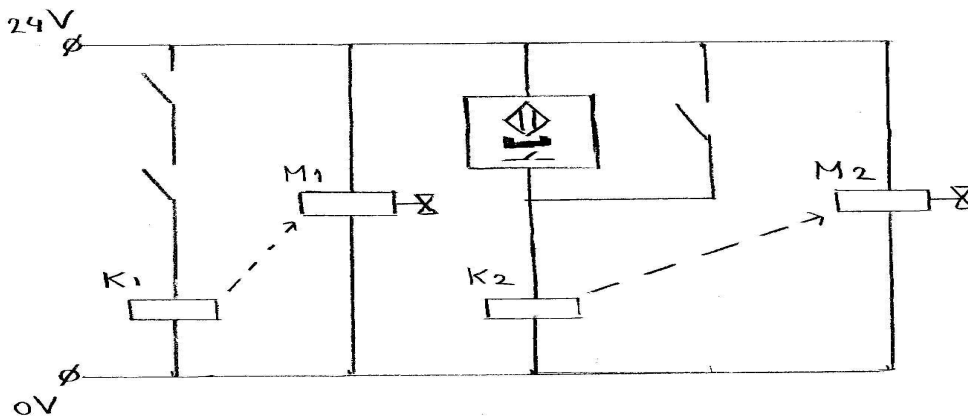
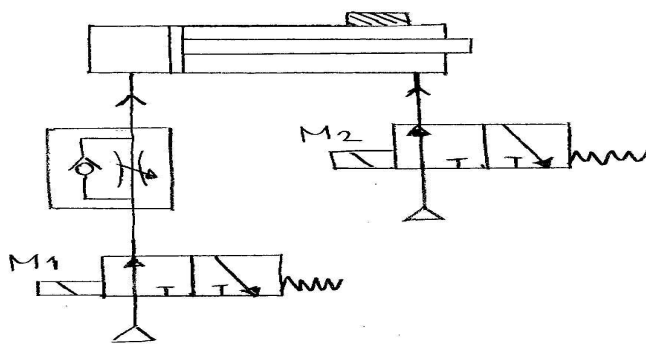


Fig. 225

11. Waarop moet worden gelet bij gebruik van een snelheidsregelventiel in een pneumatische schema? Het snelheidsregelventiel behoort de uitstromende lucht te smoren ter voorkoming van het ‘stick-slip’ effect.

12. Teken een nieuw pneumatisch schema met gebruik van een bistabiele ventiel, op grond van eenzelfde elektrische schema (gebruik FluidSIM). Sla het bestand op met de volgende naam: smoring9C.ct



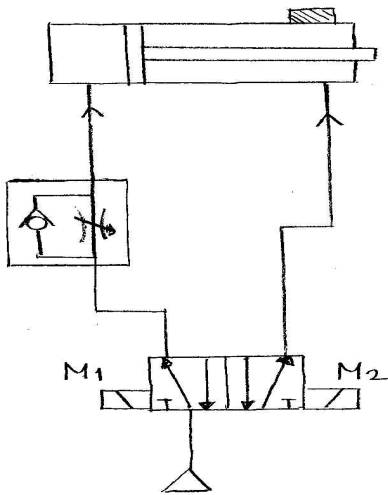


Fig. 226

13. Een dubbelwerkende cilinder maakt de uitgaande slag op volle snelheid na het indrukken van een drukknop. Na het beëindigen van deze slag maakt een tweede cilinder eveneens een uitgaande beweging op volle snelheid. Na het indrukken van een tweede drukknopventiel schuiven de beide cilinders terzelfder tijd in. Gebruik ook snelontluchters om de snelheid van de cilinders nog op te drijven.

14. Teken een pneumatisch – en elektrisch schema (gebruik FluidSIM). Sla het bestand op met de volgende naam: snelheid10.ct

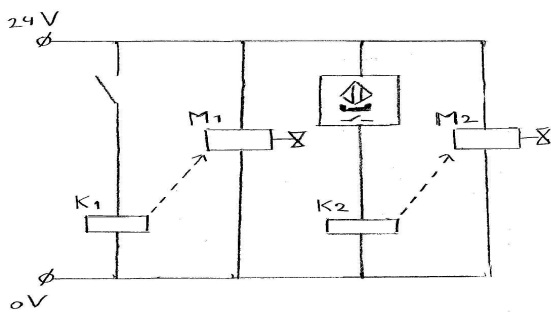
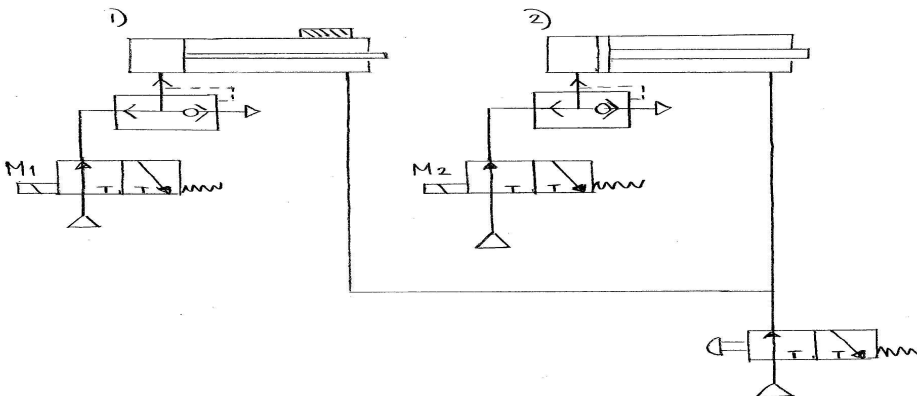


Fig. 227



## Eindopdracht

Maak een zeer uitgebreid onderhoudsplan voor alle aanwezige technische installaties en voorkomende materialen:

1. Noteer gegevens technische gegevens installatie.
2. Benoem onderdelen technische installatie.
3. Maak een jaarkalender (Excel) voor de planning van alle onderhoud.
4. Beschrijf zeer gedetailleerde werkinstructies over de uitvoering van alle onderhoud.
5. Beschrijf zeer gedetailleerde werkinstructies over de uitvoering van alle onderhoud door derden.



**Copyright**

De copyright van de lesmodule berust bij de EOT Kastechniek 2 en de oorspronkelijke uitgevers. Vermenigvuldiging van (onderdelen van) het lespakket buiten het afgebakende onderwijsproject is niet toegestaan zonder toestemming van de verantwoordelijke afzonderlijke uitgevers. Het staat de docenten vrij om het materiaal aan te passen voor onderwijsdoeleinden. Echter het format van CIV T&U mag niet worden gewijzigd. Voor meer informatie: [supportoffice@civtu.nl](mailto:supportoffice@civtu.nl)

