

Inhoud

1 Bouwmethoden in steen	3
1.1 Afmetingen en begrippen.....	3
1.2 Maatvoering	4
1.3 Muurdiktes, opgaand werk en verbanden	4
1.4 Bijzondere constructies	5
1.5 Dilataties aanbrengen	8
1.6 Vernieuwende baksteenconstructies.....	9
2 Funderingen	12
2.1 Eisen aan fundering.....	14
2.2 Typen fundering op staal.....	15
2.3 Werkwijze	18
3 Paalfundering	24
3.1 Balkfundering	25
3.2 Funderingspalen.....	26
3.3 Palen en fundering aanbrengen.....	30
4 Houten vloeren.....	36
4.1 Plaats van vloeren	38
4.2 Constructie	39
4.3 Eisen aan vloeren	41
4.4 Materialen	43
4.5 Verdiepingsvloer aanbrengen	48
4.6 Beganegrondvloer aanbrengen.....	53
4.7 Zoldervloer aanbrengen	54
5 Betonvloer	55
5.1 Constructie	56
5.2 Soorten betonvloeren	61
6 Plat dak.....	71
6.1 Afschot.....	73
6.2 Dakafwerking groene daken.....	74
6.3 Opbouwconstructies	75
6.4 Materialen	78
6.5 Bijzondere daken.....	82
7 Hellend dak.....	83
7.1 Dakvormen	84

Bouwkunde jaar 2

7.2 Dakconstructies	90
7.3 Aansluitingen.....	98
7.4 Hoek- en kilkepers	107

1 Bouwmethoden in steen

De meest bekende bouwvorm is traditionele bouw, ook wel stapelbouw genoemd. Daarbij wordt de woning steen voor steen gemetseld. Voor stapelbouw gebruik je baksteen of kunststeen. Beide steensoorten verwerk je in een verband, dit doe je met metselmortel of lijm. Een metselmortel bestaat uit cement, kalk, zand en water. De hardheid van de steen en van de mortel komen altijd overeen. Door aandacht te besteden aan verschillende metselverbanden, steensoorten en voegwerk kun je de nadruk leggen op bepaalde delen van de woning. Dit heet ook wel 'optische nadruk'.

Modernere bouwstenen zijn:

- keramische snelbouwsteen
- thermisch isolerende snelbouwsteen
- akoestisch isolerende snelbouwsteen
- betonblok met geëxpandeerde kleikorrels

Kunststeen wordt niet gebakken zoals baksteen. Enkele soorten kunststeen zijn:

- kalkzandsteen
- gipssteen
- betonstenen
- schuim(gas)betonsteen

Kalkzandsteen wordt in Waal-, Amstel en Maasformaat geleverd. Kalkzandsteenblokken zijn er in verschillende maten tot aan maximaal 14 kilo. Blokken die meer wegen dan 14 kilo worden mechanisch verwerkt met lijmkranen. Er bestaan ook verdiepinghoge kunststeenelementen, die worden geplaatst met een mobiele kraan.



2a



2b

Afbeelding 2a Hoekoplossing, baksteen, ontlastingsconstructie en waterafvoer Afbeelding 2b Lijmen bij stapelbouw

1.1 Afmetingen en begrippen

Stenen zijn er in vele soorten en maten. Veel gebruikte metselformaten zijn Waal-, Vecht-, Dik- en Rijnformaat. Bij metselen in verband heet de horizontale lijn de lintvoeg en de verticale lijn de stootvoeg. Om zo weinig mogelijk knip- of zaagverlies te hebben, is voor de maatvoering steeds de actuele maat van de gekozen steen het uitgangspunt.



Afbeelding 3 Verschillende bakstenen

1.2 Maatvoering

De koppenmaat is de breedte van de steen plus de dikte van de voeg (K + V). De lengte van een muur bereken je naar een veelvoud van de koppenmaat min de voeg. Openingen zoals kozijnen bereken je ook in koppenmaat, maar dan plus de voeg. De lagenmaat bepaal je door de gemiddelde diktemaat te nemen van tien stenen met tien voegen. De lagenmaat kan bepalend zijn voor bijvoorbeeld de juiste hoogte van een kozijn.



Afbeelding 4 Maatvoering, koppen en lagenmaat

1.3 Muurdiktes, opgaand werk en verbanden

De dikte van de muur is afhankelijk van de uiteindelijke belasting ervan. Om het 'uitknikken' van halfsteens buitenmuren te voorkomen, worden deze meestal met spouwankers gekoppeld aan de binnenmuren. De binnenmuren worden op hun plaats gehouden door de vloeren.

Bij verbanden zijn de volgende termen belangrijk:

- kop
- platte kant
- strek
- klampmuur
- halfsteensmuur
- steensmuur

Veelvoorkomende metselverbanden zijn:

- halfsteensverband
- klezoorverband
- Vlaamsverband
- wildverband

Minder voorkomende verbanden zijn het koppenverband, het Engels verband en blokverband. Omdat muren uitzetten door temperatuurverschillen worden ze gedilateerd om scheurvorming te voorkomen.



Afbeelding 5 Wildverband

1.4 Bijzondere constructies

Het is mogelijk het metselwerk te verfraaien, te verstevigen of te beschermen met bijzondere constructies. De rollaag is in de Kern al aan bod gekomen: een constructie om het metselwerk boven het kozijn te verstevigen en er mooier uit te laten zien. Hieronder staan ook de constructies met spekbanden en muurafdekkers beschreven.

Muurafdekker

Op de bovenkant van de meeste gevels ligt het dak, dat de bovenkant van de gevel meteen beschermt. Voorbeelden van een gemetselde muur waar de bovenkant niet in een dak doorloopt, zijn een muur langs het balkon of een tuinmuur. Bij zulke muren beschermt de muurafdekking de bovenkant van de muur tegen beschadiging, bijvoorbeeld doordat mensen er tegenaan stoten of van opvriessend vocht dat op de bovenkant is blijven liggen en in de muur is getrokken. Met de volgende materialen kun je een muurafdekking maken:

- Baksteen
Een muurafdekking van baksteen maak je met een rollaag of ezelsrug. De muurafdekking met rollaag is dezelfde constructie als degene boven een kozijn, maar ligt dan niet aan de onderkant van het metselwerk, maar erop. Muurafdekkingen van metselwerk met baksteen komen vooral voor bij tuinmuren of langs gemetselde buitentrappen. De ezelsrug zie je vooral bij traditionele tuinmuren.



Afbeelding 40 Muurafdekking met rollaag



Afbeelding 41 Ezelsrug metselen

Muurafdekkers van beton, natuursteen of composietsteen

Muurafdekkers van beton of natuursteen komen als prefab onderdeel van de leverancier. Dit geldt ook voor afdekkers van composietsteen: een samengestelde steen van kunststof en steenachtige materialen. Deze prefab afdekkers zijn gemakkelijk te plaatsen, al moet je vooral bij natuursteen opletten dat je de afdekker niet beschadigt bij het transport of bij het aanbrengen. Gebruik voor de bevestiging krimpvrije mortel, om het verschil in ongelijke zetting tussen baksteen en beton of natuursteen op te vangen.

Aluminium of zink

Metalen goot- en dakbedekkingen en muurafdekkers zitten met een klang vast aan de ondergrond. Meestal is die ondergrond een houten plaat. Een klang is een stukje zink of aluminium waarachter je de muurafdekker van zink of aluminium haakt, zie afbeelding.



Spekbanden

De spekband is een onderbreking in het metselwerk, met een andere steensoort die horizontaal door het metselwerk loopt. Meestal brengt de architect spekbanden aan om de gevel mooier te maken. Maar hij of zij kan een spekband ook in het ontwerp verwerken om de constructie erboven te dragen. Daarom liggen spekbanden vaak onder kozijnen. Spekbanden zijn van composietsteen, natuursteen of beton. Het is mogelijk de spekband uit de gevel te laten steken, zoals de spekband op de afbeelding hieronder. Maar de architect kan hem ook naar binnen laten springen, of gelijk aan de gevel laten lopen. Je brengt een spekband aan met krimpvrije mortel, omdat hij een andere zetting heeft dan baksteen.



Afbeelding 44 Spekbanden als decoratief en als dragend onderdeel in de gevel

1.5 Dilataties aanbrengen

In het dilatatieplan hebben de architect en baksteenfabrikant vastgelegd op welke plekken de dilataties komen. Ze komen altijd op de plaatsen waar ook in het binnenspouwblad dilataties zijn aangebracht.

Verticale dilataties

De maximale afstand tussen twee verticale dilataties is 12 meter. Je breng ze aan met een dilatatieprofiel: een aluminium of kunststof strip van 5-10 mm dik. Je metselt het metselwerk aan beide kanten van de dilatatie op, en haalt het profiel dan weg.

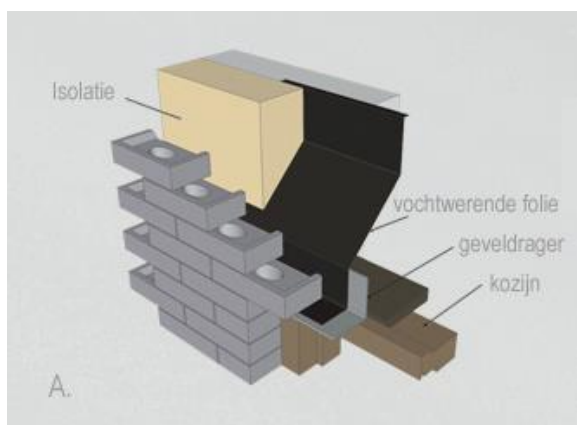


Afbeelding 45 Dilatatieprofiel

Kijk goed of er geen specie in de dilatatie valt, want dan verliest de dilatatie zijn werkzaamheid. Als je de dilatatie openlaat, moet je hem minimaal 5 mm breed maken. Maar je kunt de dilatatie ook opvullen met een elastisch materiaal, zoals kit en een rugvulling. In dat geval moet je de dilatatie 10 mm breed maken.

Horizontale dilatatie

De maximale afstand tussen twee horizontale dilataties is 11 meter, ofwel drie verdiepingen. Voor horizontale dilataties gebruik je geveldragers, die het metselwerk omhoog houden. Onder de geveldrager komt dan de dilatatievoeg. De opstaande rand van de geveldrager bevestig je aan het binnenspouwblad. Vaak breng je de geveldragers boven de kozijnen aan, zodat ze minder opvallen en meteen het metselwerk boven het kozijn dragen. In dat geval leg je de vochtwerende folie over de geveldrager heen, zodat er geen water via de geveldrager in de gevel kan dringen. Laat de folie aan de binnenkant van de gevel omhoog lopen, tegen het binnenspouwblad aan. De andere kant leg je op de liggende kant van de geveldrager en laat je een stukje uitsteken in het metselwerk, zie afbeelding.



Afbeelding 46 Geveldrager boven kozijn

Je legt de stenen koud op het staal van de geveldrager. Onder de geveldrager laat je minimaal 10 mm vrije ruimte over, zodat er ook nog ruimte is voor de geveldrager om een beetje door te buigen. Na het metselen van de gevel kun je ook deze voeg opvullen met kit en rugvulling.

1.6 Vernieuwende baksteenconstructies

Metselen met baksteen en cementmortel gebeurt al lange tijd. Maar het is arbeidsintensief, en de mortel heeft een lange droogtijd. Bovendien levert de productie van cement veel CO₂ op, en het gebruik van cement geeft het risico op metselczeem. Daarom zoekt de bouw naar tijdsbesparende en arbovriendelijke alternatieven, zoals het lijmen van bakstenen, het ClickBrick-systeem of prefab metselwerk.

Gelijmde gevel

Bij het lijmen van bakstenen gebruik je geen cementmortel, maar lijm. Daardoor krijg je een dunnere voeg dan bij metselwerk. De voordelen van lijmen boven metselen zijn:

- Lijm is sterker, waardoor je dunnere stenen in de gevel kunt gebruiken. Daardoor houd je aan de binnenkant van de muur meer ruimte over voor isolatie.
- Lijm droogt sneller dan cement.
- Na het lijmen is voegen of pointeren niet nodig.

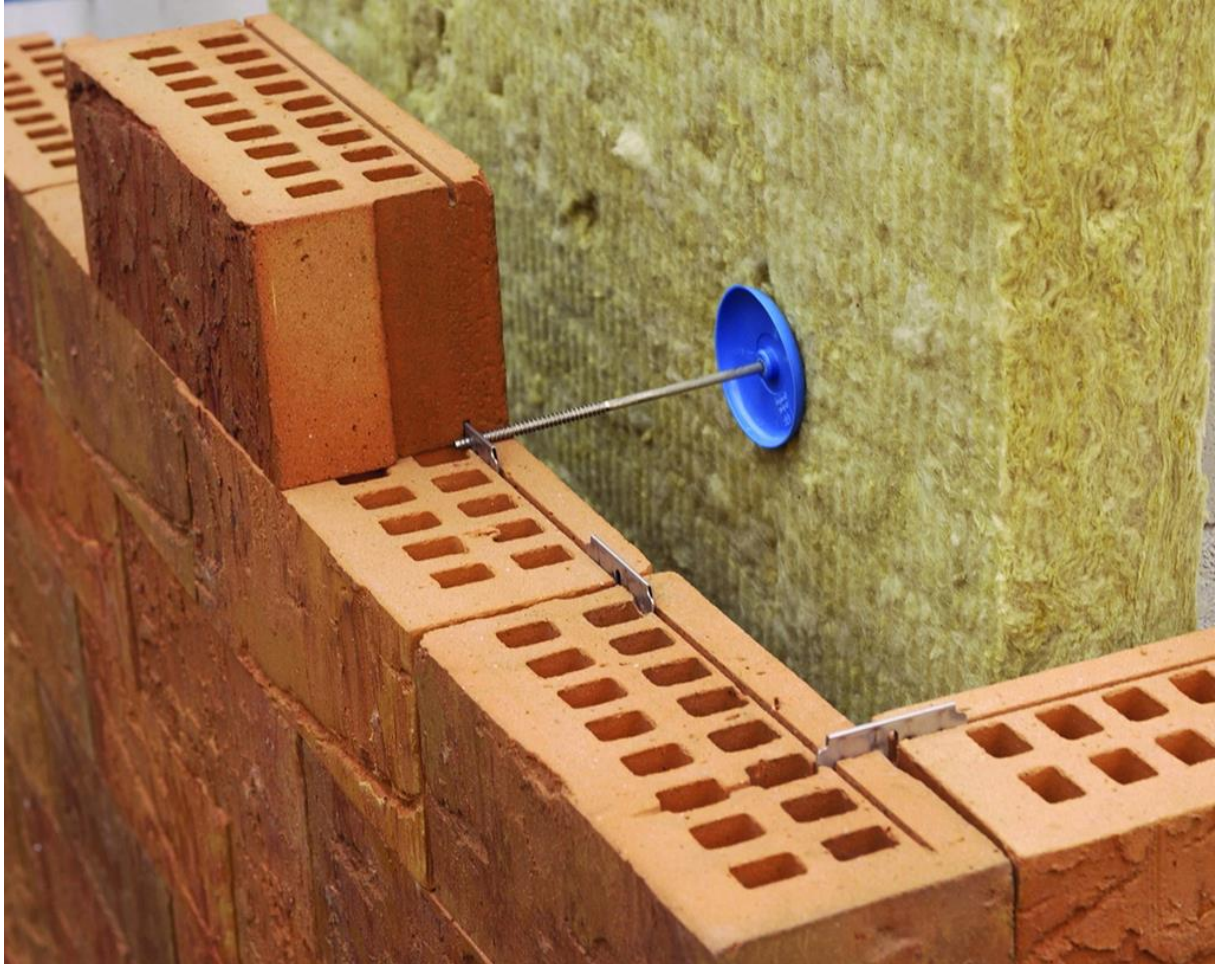
Een nadeel van lijmen is dat je de voegdikte niet kunt aanpassen, waardoor je niet met de lagenmaat kunt variëren. Je moet dus van tevoren precies berekenen hoe hoog de stenen komen, omdat je de lagenmaat niet kunt aanpassen aan bijvoorbeeld de hoogte van de kozijnen. Om de lagen stenen toch waterpas en op de goede hoogte te krijgen, stel je daarom eerst een kimlaag op de onderste rij. Met de kimlaag kun je oneffenheden aan de onderkant van de gevel recht trekken.



Afbeelding 47 Baksteen lijmen

ClickBrick

Het ClickBrick-systeem heeft helemaal geen voegen. ClickBrick betekent baksteen cliken, en dat is precies wat er gebeurt: in de stenen zit een groef, waarin je een roestvrijstalen clip schuift. De steen die daarnaast of erbovenop komt, click je in de clip. Net als bij gelijmde gevels stel je de ClickBrick-gevel op een kimlaag. Omdat je bij dit systeem geen spouwankers in de voeg kunt in metselen, schroef je die in de clip, zie afbeelding.



Afbeelding 48 Clickbrick-muur met clips en spouwanker

Prefab gevels

Metselen kost veel tijd, en gekwalificeerde metselaars zijn schaars. Bovendien is metselwerk kwetsbaar voor weersinvloeden, zoals vorst, regen of overmatige zon. Daarom gebruikt de bouw steeds meer prefab. Dat kan op verschillende manieren:

- **Steenstrips**
Steenstrips zijn strookjes van de voorkant van de baksteen, die je direct op een isolatieplaat lijmt. Daartussen breng je specie aan. Vooral bij gevelrenovatie komt deze methode veel voor.



Afbeelding 49 Steenstrips aanbrengen

Prefab vervangers voor metselwerkconstructies

Sommige gemetselde constructies vereisen veel vakmanschap, zoals boerenvlechtwerk, ezelsruggen, strekken en bogen. Om bij een gebrek aan gekwalificeerde metselaars toch aan de vraag naar deze metselwerkconstructies te kunnen voldoen, levert de fabrikant zulke metselwerkconstructies vaak als prefab betononderdelen, waarop steenstrips zijn geplakt.



Afbeelding 50 Prefab boog met steenstrips

Gevelelementen

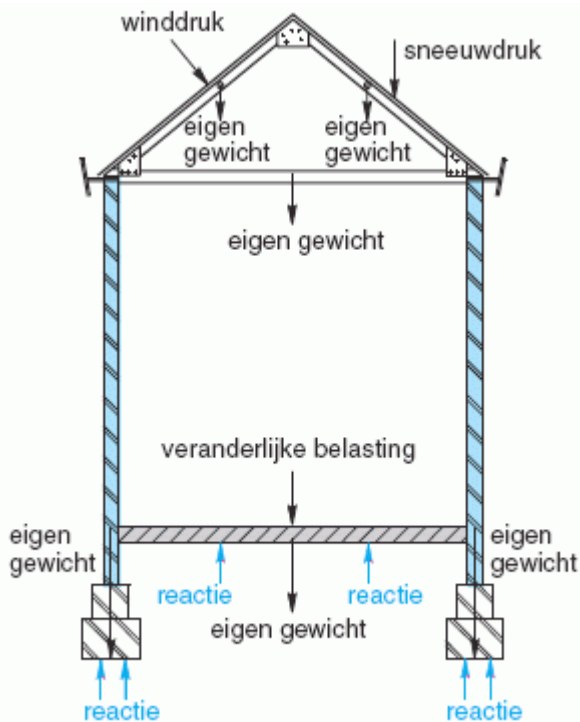
In de particuliere woningbouw komen prefab gevelelementen sinds de jaren '80 voor, in de utiliteitsbouw is dit nog nieuw. Verdiepingshoge gevelelementen komen met beglaasde kozijnen, ramen en deuren op de bouwplaats aan, waar een kraan ze op de goede plek zet. Hierdoor is een steiger niet nodig. Er zijn enkelschalige en dubbelschalige gevelelementen. Enkelschalige elementen zijn alleen het buitenspouwblad, dubbelschalige elementen hebben een binnen- en buitenspouwblad met isolatie ertussen.



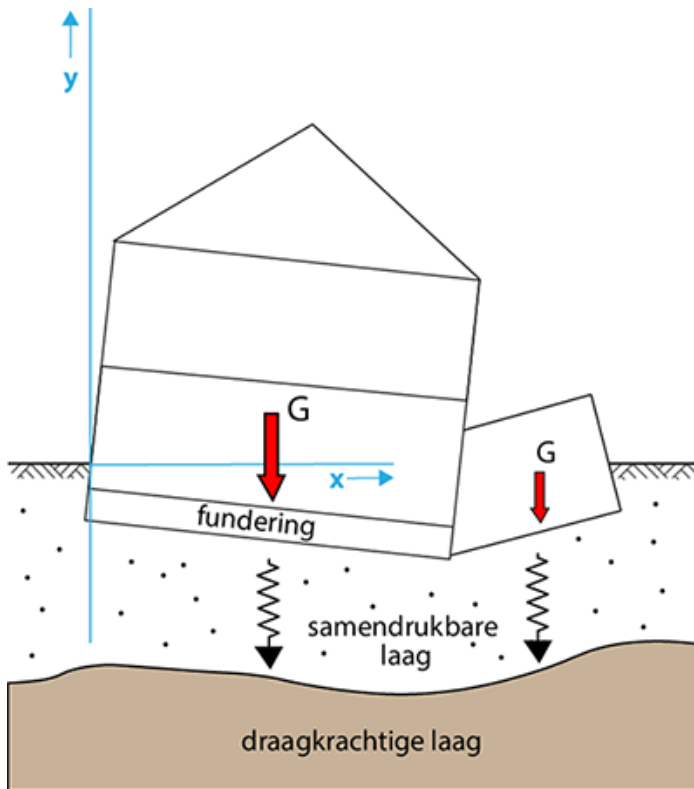
Afbeelding 51 Gemetseld gevelelement plaatsen

2 Funderingen

Als je een bouwwerk zomaar op de grond bouwt, zouden de muren in de grond wegzakken. Daarom staat het staal altijd op een fundering. Die fundering zorgt dat de belastingen van het gebouw worden overgedragen op de onderliggende draagkrachtige grondlagen. Voor die fundering maak je een sleuf waarin je beton giet. Daarop komt het gebouw. Er zijn verschillende typen funderingen; de fundering op palen komt in een andere leereenheid aan bod. Deze leereenheid behandelt de fundering op staal. De naam **fundering op staal** heeft niets te maken met het materiaal staal. In het Germaans betekende **stal** hetzelfde als **vaste plaats** of **harde bodem**. Een fundering op staal betekent dus: een fundering zonder palen, die de belasting van het gebouw direct op de draagkrachtige grond overbrengt. Een fundering op staal wordt direct op het zand gestort en kun je op verschillende manieren maken. Om de fundering de gewenste vorm te geven, maak je in de sleuf een bekisting waarin je het beton giet.

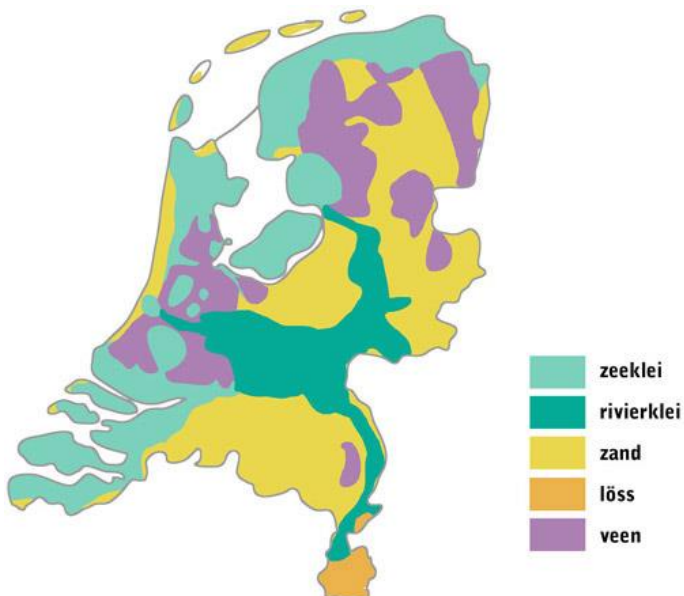


Als je je been breekt en op krukken loopt, kun je niet in de modder staan: de krukken zakken erin weg, totdat ze een stevige zandlaag onder de modder bereiken. Ondertussen zak jij steeds schever, en ten slotte val je om. Dat gebeurt ook met een bouwwerk zonder fundering: de muren zakken net als de krukken steeds verder weg, waardoor het gebouw schever zakt. Ten slotte valt het om. Maar als je brede blokken hout of beton onder je krukken zou zetten, zou dat niet gebeuren. Een fundering op staal doet hetzelfde als blokken hout of beton onder de krukken: het is een balk van hout, beton of metselwerk, die met verbrede voet op de steviger grondlagen staat. Zo kan de fundering het gewicht van het gebouw over een groot oppervlak verdelen. Doordat je bij een fundering op staal de funderingsstrook dus breed maakt, verdeelt de betonstrook de belasting over een groter oppervlak. Hierdoor is de belasting per mm^2 kleiner. De fundering op staal staat niet in de draagkrachtige laag, maar ligt erop. Als de grond in beweging komt, beweegt de fundering mee. Maar als de samenstelling van de ondergrond aan de ene kant van het bouwwerk verschilt van de ondergrond aan de andere kant, treedt op beide plaatsen vaak ongelijke zetting op: samendrukking van grond. Dan zakt de fundering van het gebouw scheef. Hierdoor kunnen scheuren in fundering en bouwwerk ontstaan.



Afbeelding 2 Scheefzakken door zetting

Een fundering op staal kun je daarom alleen toepassen als de grond rondom de fundering overal gelijk is, als de draagkrachtige laag niet dieper ligt dan twee meter en als het bouwwerk niet te zwaar is: een garage, fietsenhok of gemetselde erfafscheiding bijvoorbeeld. Op een zandgrond kun je ook een woning funderen op staal. Een fundering op staal blijft een lichte funderingsconstructie. In Nederland hebben verschillende gebieden zandgronden die daar geschikt voor zijn.



Afbeelding 3 Soorten grond in Nederland

2.1 Eisen aan fundering

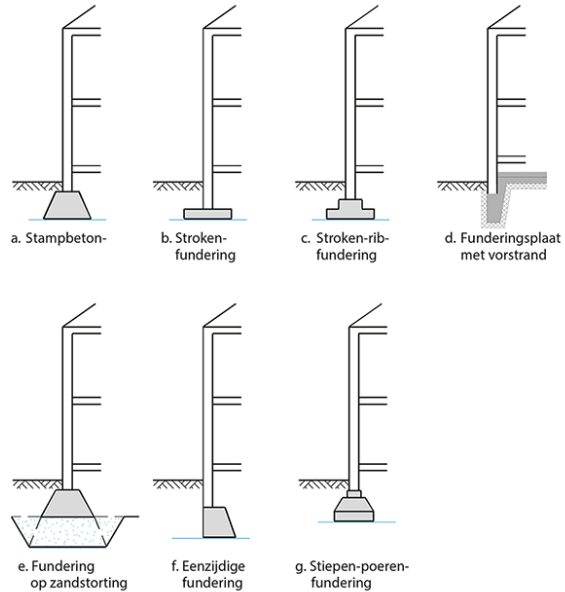
De fundering op staal moet aan de volgende eisen voldoen:

- De fundering moet de belasting van het gebouw zo gelijkmatig mogelijk op de ondergrond overbrengen, zonder dat het gebouw scheefzakt. Daarom moet de onderkant van de fundering op staal direct op de draagkrachtige laag rusten. Als deze laag te diep ligt, is een fundering op staal niet mogelijk.
- De grond onder de fundering mag niet bevriezen, omdat door bevriezing de samenstelling van de grondkorrels verandert. Daardoor kan zetting optreden. De minimale aanlegdiepte van de fundering is daarom minimaal 0,6 m beneden het maaiveld. De aanlegdiepte is de afstand vanaf de onderkant van fundering tot aan het maaiveld.
- De fundering moet stijf genoeg zijn, zodat geen scheuren ontstaan in de funderingsstrook en het opgaand metselwerk.
- De fundering moet breed genoeg zijn.
- Doorvoeringen voor leidingen van bijvoorbeeld riolering, gas, water, en elektriciteit moeten deugdelijk gebeuren. Je moet dus van tevoren bepalen waar deze komen en daarbij rekening houden met de wapening in de fundering. Bij een strokenfundering lopen de leidingen vaak boven het opgaande metselwerk. Maar als de doorvoering wel door de fundering loopt, moet er voldoende afstand overblijven tussen leiding en wapeningsstaven. Bij het plaatsen van deze leidingen mogen de wapeningsstaven niet doorgeknipt worden. Als je toch besluit staven door te knippen, moet je in overleg met een constructeur bijlegwapening aanbrengen.
- Het materiaal van de fundering moet bestand zijn tegen agressieve stoffen in de grond. Daarom zijn moderne funderingen niet meer van hout maar van beton. De omgeving van de betonconstructie bepaalt de eisen aan het beton. Daarom is de omgeving ingedeeld in verschillende milieuklassen. Een betonnen verdiepingsvloer valt bijvoorbeeld in milieuklasse XC1. Doordat daar geen agressieve stoffen binnendringen, is een minimale betondekking genoeg. Maar voor funderingsbeton geldt milieuklasse XC2: betonoppervlakken die bestand moeten zijn tegen weer en wind of die in contact staan met grond of met niet-agressief water. De betondekking rond de wapening moet hier minimaal 25 mm zijn.
- Het beton moet genoeg druksterkte hebben om de belasting van het bouwwerk op te vangen. Die sterkte is afhankelijk van de samenstelling. Om aan te geven hoe sterk het beton is, is het ingedeeld in sterkteklassen. De sterkteklasse geeft aan wat de cilinderdruksterkte en kubusdruksterkte zijn. Sterkteklasse C20/25 bijvoorbeeld betekent dat het beton na volledige uitharding een cilinderdruksterkte moet hebben van 20 N/mm² en een kubusdruksterkte van 25 N/mm².

2.2 Typen fundering op staal

Er zijn verschillende typen fundering:

- fundering van stampbeton
- strokenfundering van gewapend beton
- strokenfundering met verstijvingsrib
- funderingsplaat met vorstrand
- fundering op zandstorting
- eenzijdige fundering
- stiepen-poerenfundering



Afbeelding 4 Verschillende typen fundering op staal

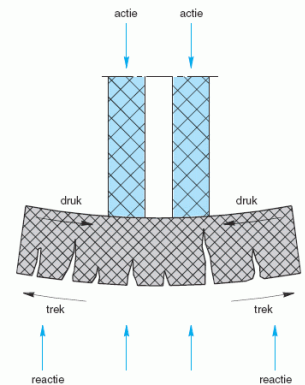
Fundering van stampbeton

Eenvoudige, lichte gebouwen zoals een tuinhuis of schuur, krijgen soms een fundering van stampbeton. Hierin komt geen wapening. Stampbeton is een samenstelling van 1 deel cement, 3 delen zand en 5 delen grond. Hieraan voeg je een beetje water toe. Je stampt het beton goed aan in een mal, ofwel bekisting, of in een sleuf.

Strokenfundering van gewapend beton

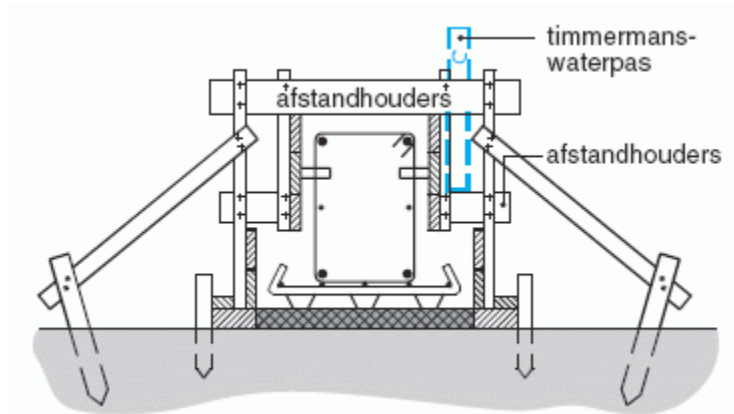
Als de belasting van een gebouw groot is, of als de toegestane maximum grondspanning te klein is, pas je een strokenfundering van gewapend beton toe. Je vult een brede strook met beton. Hierop komt de muur. De toegestane grondspanning geeft aan hoeveel belasting de grond kan verdragen. Je mag een strokenfundering alleen toepassen als de toegestane grondspanning onder het gehele gebouw gelijk is.

Omdat beton wel drukkrachten opneemt, maar geen trekkrachten, plaats je een wapening in de fundering. Als je dat niet doet, creëren de belasting van de muur en de tegenreactie van de grond op die belasting, trekspanningen aan de onderkant van de funderingsstrook, zie afbeelding 5. Hierdoor zou de betonstrook doorbuigen.



Strokenfundering met verstijvingsrib

Bij een strokenfundering met verstijvingsrib komt een betonnen balk bovenop de strook. Die geeft de fundering extra stijfheid en verdeelt de belastingen beter over de fundering.



Afbeelding 6 Strokenfundering met verstijvingsrib

Je past een strokenfundering met verstijvingsrib toe in de volgende situaties:

- De muurbelastingen op de ene plek verschillen sterk van die op een andere plek, bijvoorbeeld doordat de muur grote openingen heeft.
- Er zijn sterke onderlinge verschillen in de grondspanningen onder de fundering.
- Het bouwwerk staat vlakbij een weg met zwaar, trillend verkeer.

Funderingsplaat met vorstrand

De fundering met vorstrand is een gestorte plaat over de gehele oppervlakte. Om gewicht te besparen is de randbalk afgeschuind. Omdat de balk en plaat een deel van de belasting aan de grond overdragen, is de funderingsplaat geschikt voor niet-draagkrachtige grond. De plaat wordt gelijktijdig met een randbalk gestort. De vorst mag niet onder de vloer komen. Omdat de vorstgrens van deze plaat 600 mm onder het maaiveld ligt, is de aanlegdiepte van de randbalk minimaal 600 mm. De fundering met vorstrand zit vaak onder uitbouwttjes en schuren.



Afbeelding 7 Fundering met vorstrand

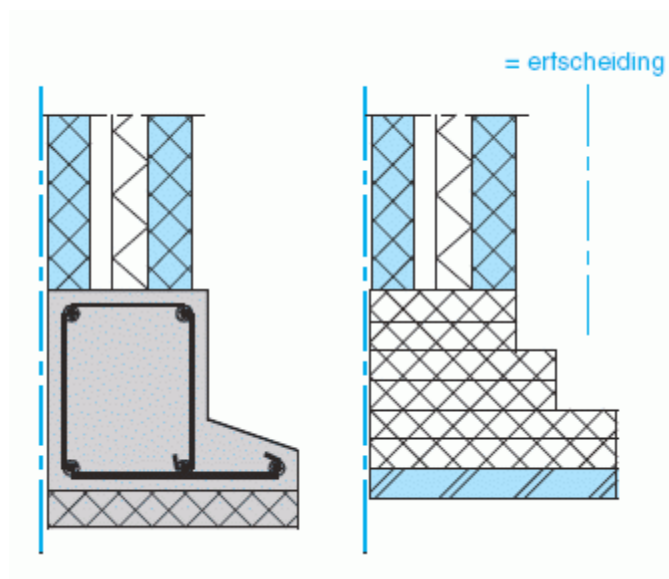
Fundering op zandstorting

Als de draagkrachtige laag dicht bij de oppervlakte ligt, is een fundering op zandstorting mogelijk, bijvoorbeeld op 1,5 meter diep. In dat geval graaf je eerst de slappe grondlaag van 1,5 meter af. Die vul je aan met schoon zand. Hierop komt de fundering op staal.

Eenzijdige fundering

Normaal heeft een fundering een verbreding aan twee kanten. Een eenzijdige fundering heeft een verbreding aan één kant. Soms is het namelijk niet mogelijk om een verbreding aan twee kanten toe te passen:

- Als de fundering op de erfscheiding komt. In dat geval zou de buitenkant van de fundering buiten het eigen terrein komen. Als de burens van het aangrenzende perceel hier niet mee instemmen, is verbreding aan beide kanten niet mogelijk.
- Als het gebouw tegen een bestaand pand komt. In dat geval zit er vaak al een andere funderingsconstructie in de grond, waar je rekening mee moet houden.



Afbeelding 8 Eenzijdige fundering van gewapend beton (links) en metselwerk (rechts)

De belasting rust niet op het midden van de fundering, maar aan de buitenkant: excentrisch. Eigenlijk neemt alleen de buitenkant van de fundering de belasting op. Hierdoor kunnen ongelijke zettingen in de grond en in onderdelen van het gebouw optreden. In overleg met de constructeur kun je dan besluiten extra wapening in deze fundering op te nemen. Net als een tweezijdige fundering kan een eenzijdige fundering uit verschillende materialen bestaan: stampbeton, gewapend beton en metselwerk.

Stiepen-poerenfundering

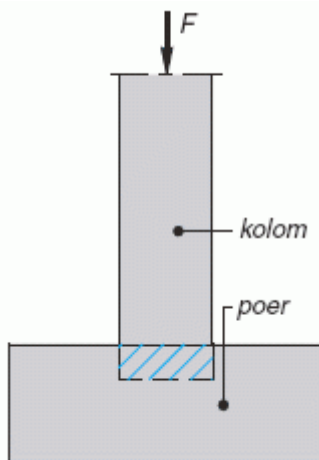
Een stiepen-poerenfundering bestaat uit blokken gewapend beton. Deze komt voor in de volgende situaties:

- utiliteitsbouw, onder de kolommen van een skeletgebouw
- hallenbouw, om spanten, zoals vakwerkliggers, te dragen



Afbeelding 9 Verankering van stalen kolomvoet op betonpoer

Deze funderingsconstructie zit op plekken waar hij plaatselijke belastingen moet opvangen, zoals kolommen in de staalconstructie van een hal. Je maakt alleen een stiepen-poerenfundering op plaatsen waar het echt nodig is, waardoor je veel manuren en materiaal bespaart. De fundering hoeft namelijk niet helemaal door te lopen, maar komt alleen op de punten waar ze nodig is. Vooral aan de binnenkant van het gebouw worden poeren toegepast. De randbalk waarop de gevels komen, loopt dan meestal wel helemaal door. Het voordeel van een stiepen-poerenfundering is dat je hiervoor prefab poeren kunt gebruiken. De belasting op de poeren mag niet te hoog zijn, omdat de kolom dan door de funderingspoer heen kan drukken, zie afbeelding 10.



Afbeelding 10 Ponswerking kolom op poerfundering

2.3 Werkwijze

Voor een strokenfundering maak je eerst een mal, waar je het beton in giet: een bekisting. Er zijn veel verschillende bekistingen van uiteenlopende materialen: hout, polystyreen (PS) en staal. Bij funderingen op staal komen de houten bekisting en de PS-bekisting het meest voor. Meer informatie over typen bekistingen en de onderdelen ervan, staat in de leereenheid **Bekistingen**.

Voorbereiding

Voordat je begint, moet je onderzoeken of er genoeg ruimte is voor de fundering. De fundering mag niet over de erfafscheiding uitsteken, als de eigenaar van het aangrenzend terrein daarvoor geen toestemming heeft gegeven. Kijk of er geen obstakels in de grond zitten, zoals boomwortels of leidingwerk. Onderzoek of er geen belendingen zijn: constructies die in de weg kunnen zitten

van de fundering, bijvoorbeeld de fundering van de gevel direct ernaast. Daarnaast moet je van tevoren bepalen wat de aanlegdiepte is. Houd hierbij rekening met de volgende zaken:

- De grond onder de fundering mag niet bevriezen. Zorg dat de onderkant van de fundering minimaal 0,6 m onder het maaiveld ligt.
- De onderkant van de fundering moet op een draagkrachtige laag van vastgepakt zand liggen. Hoe diep die laag ligt, bepaal je met bodemonderzoek.

Je berekent de aanlegbreedte: de breedte van de fundering. Bij grotere belastingen heb je een bredere fundering nodig dan bij kleinere belastingen, en een slappe grond vereist een bredere fundering dan een stevige grond. Als je de aanlegbreedte weet, kun je de fundering uitzetten. Hierbij begin je vanaf het bouwraam. Het bouwraam bestaat uit piketten en planken en geeft aan waar het bouwwerk moet komen. Op de bouwplanken teken je de aanlegbreedte van de fundering af. Door draden te spannen bepaal je hoe diep en op welke plek de fundering komt. De hoeken van de fundering markeer je met piketten.

Strokenfundering met houten bekisting

Op afbeelding 11 staat een houten bekisting. Het voordeel van zo'n houten bekisting is dat je die kunt weghalen en op een andere plek opnieuw kunt neerzetten. Dat is handig bij seriebouw. Een nadeel is dat het veel tijd kost deze bekisting te maken. Door een prefab bekisting te gebruiken, bespaar je tijd.

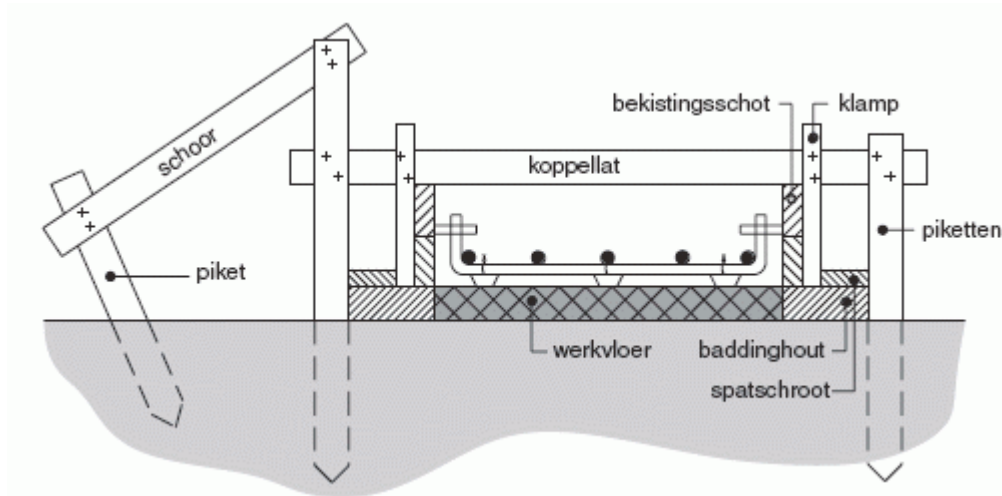


Afbeelding 11 Houten bekisting

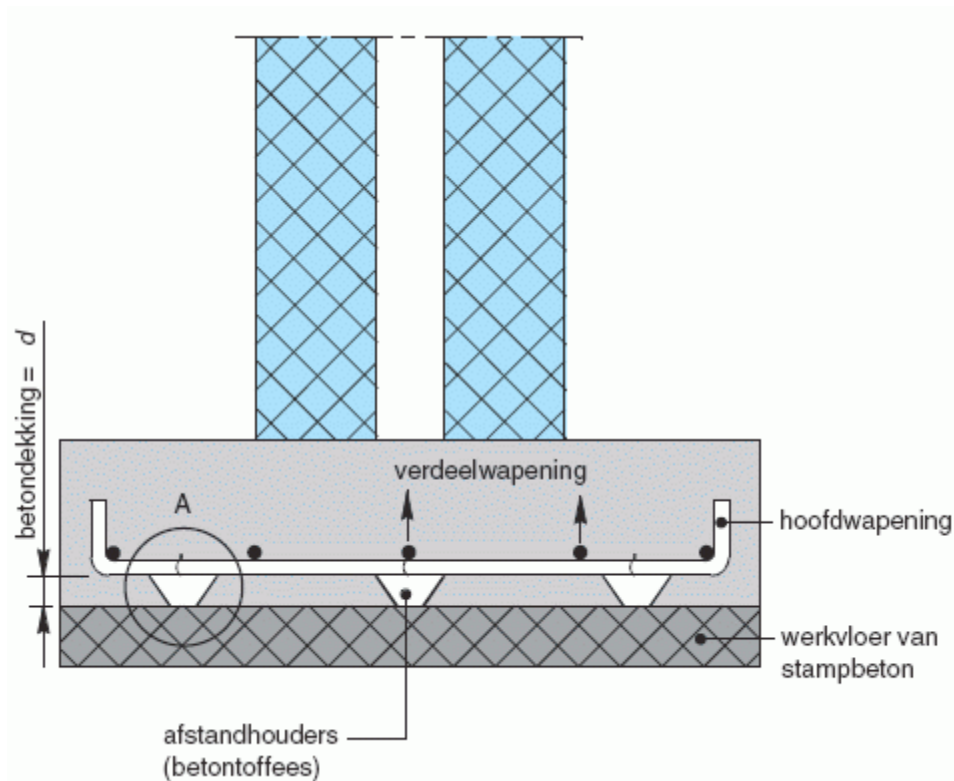
Bij het maken van een fundering op staal met houten bekisting ga je als volgt te werk:

- Werkvloer egaliseren
Maak de werkvloer vlak met een rei: een lange lat.
- Werkvloer storten
Zand of grond van de bodem mag zich niet vermengen met het beton. De werkvloer houdt de bodemgrond van het beton gescheiden. Je maakt een werkvloer door een laag beton van 50-77 mm te storten. Dit beton maak je vlak met een rei. Op de werkvloer kun je de wapening stellen. Deze betonvloer zorgt ook dat er aan de onderkant voldoende betondekking is op de wapening, zodat die niet kan roesten.

- Bekistingsschot aan één kant stellen
Leg de baddings vlak neer. Plaats het bekistingsschot op de baddings aan de ene kant van de funderingsleuf. Bevestig het schot met schoren, zie afbeelding 12.



Afbeelding 12 Bekisting plaatsen - dwarsdoorsnede



Afbeelding 13 Bekisting voor gewapend-betonstrook plaatsen

- Bekistingsschot aan andere kant van strook stellen
Plaats het tweede bekistingsschot tegenover het eerste, aan de andere kant van de strook. Verbind dit schot met koppellatten aan het andere schot.
- Ontkistingsolie aanbrengen
Als het beton is gestort en uitgehard, moet je de bekisting verwijderen. Om te voorkomen dat deze aan het beton blijft vastzitten, strijk je de bekisting van tevoren in met ontkistingsolie.
- Wapeningsnet of wapeningskorf plaatsen
De wapening bestaat uit hoofdwapening en verdeelwapening. Plaats de wapening zo dat

de hoofdwapening haaks op de lengterichting van de muur ligt, en de verdeelwapening in de lengterichting van de muur, zie afbeelding 13. De verdeelwapening heeft een kleinere doorsnede. Plaats onder de wapening en aan de zijkanten van de wapening afstandshouders. Die afstandshouders houden de wapening een stukje van het bekistingsschot en van de werkvloer af. Als je later het beton erin stort, mag de wapening namelijk niet aan de rand van de fundering komen te liggen, dan kan hij roesten. De minimaal benodigde betondekking is afhankelijk van de milieuklasse.

- Mantelbuizen en sparingsvoorzieningen aanbrengen
Kijk op de tekening of er leidingen door de fundering lopen. Als dat zo is, moet je een mantelbuis aanbrengen, waardoor de leidingen kunnen lopen. Maak daarvoor een sparing in beide bekistingsschotten, en plaats de buis hierin. Dicht de sparing af, zodat het beton later niet langs de buis naar buiten kan lopen.
- Beton storten en verdichten
Stort het beton en verdicht het door de lucht er uit te trillen met een trilnaald of trilplaat. Dat maakt het beton sterker. Door het verdichten is de wapening bovendien beter beschermd tegen corrosie en tegen aantasting door agressieve stoffen.
- Ontkisten en afsmeren
Na 24 uur haal je de bekisting weg.



Afbeelding 14 Fundering op staal met houten bekisting

Strokenfundering met PS-bekisting

Je kunt ook een fundering op staal maken met een polystyreen (PS-) bekisting. Zo'n bekisting bestaat uit elementen van polystyreen en blijft na uitharding van het beton als isolatiemateriaal in de grond achter.



Afbeelding 15 Strokenfundering met PS-bekisting

De toepassing van een PS-bekisting gebeurt steeds vaker, om verschillende redenen:

- Deze bekisting is weinig arbeidsintensief: een werkvloer maken en ontkisten zijn niet nodig. Bovendien is het makkelijker PS-stukken op maat te snijden en daarin doorvoeringen te maken dan in een houten bekisting.
- Deze bekisting dient ook als isolatiemateriaal: polystyreen isoleert goed, waardoor de fundering bijna geen koudebrug meer vormt. Hierdoor voldoet de fundering ook aan de nieuwe eisen van het Bouwbesluit 2012.
- Je hoeft geen cementraam te metselen, omdat de bovenkant van de bekisting meteen de mal is waarin je beton voor het cementraam giet. Het cementraam is het stuk muur dat vanaf de fundering tot aan het maaiveld loopt.
- Je hoeft geen wapening te plaatsen, omdat je voor een fundering met PS-bekisting staalvezelbeton gebruikt: beton waarin staalvezels zitten.

Je plaatst de PS-bekisting als volgt:

- Ondergrond vlak maken
Maak de ondergrond vlak met een rei.
- Stellen
Plaats de hoekstukken.
- Standaardelementen plaatsen
Plaats de standaardelementen tussen de hoekstukken. Koppel de elementen en lijm ze met PUR aan elkaar.

- Passtukken zagen en plaatsen
Waarschijnlijk passen de standaardelementen niet precies tussen de hoekstukken. Zaag een standaardelement op maat en zet die in de lege ruimte.
- Doorvoeringen zagen en mantelbuizen plaatsen
Zaag de doorvoeringen in de PS-stukken, en plaats hierin de mantelbuizen. Vul kieren aan de zijkanten van de mantelbuizen met purschuim.
- Bovenbeugels plaatsen
Plaats bovenbeugels aan de bovenkant van de bekisting. Deze verbinden de bovenkant van het linker- en rechterbekistingsschot en houden de PS-delen op hun plaats. Zo kan het gestorte beton de bekistingsschotten niet wegdrücken.
- Beton storten en verdichten
Stort het beton. Gebruik hiervoor staalvezelbeton. Verdicht het beton met een trilnaald.



Afbeelding 16 Beton verdichten

Centraam

Op de fundering metsel je een centraam, ofwel trasraam. Deze metsel je vanaf zes lagen onder het maaiveld tot zes lagen boven het maaiveld. Om te voorkomen dat de stenen het bodemvocht omhoog zuigen, gebruik je harde metselstenen. Om het metselwerk te beschermen tegen aantasting vanuit de omringende grond, moet je de stenen vertinnen: metselspecie op de buitenkant van de muur vegen. Bij PS-bekistingen is het een voordeel dat je in één keer de fundering en centraam kunt storten. Dit voorkomt later een koudebrug.

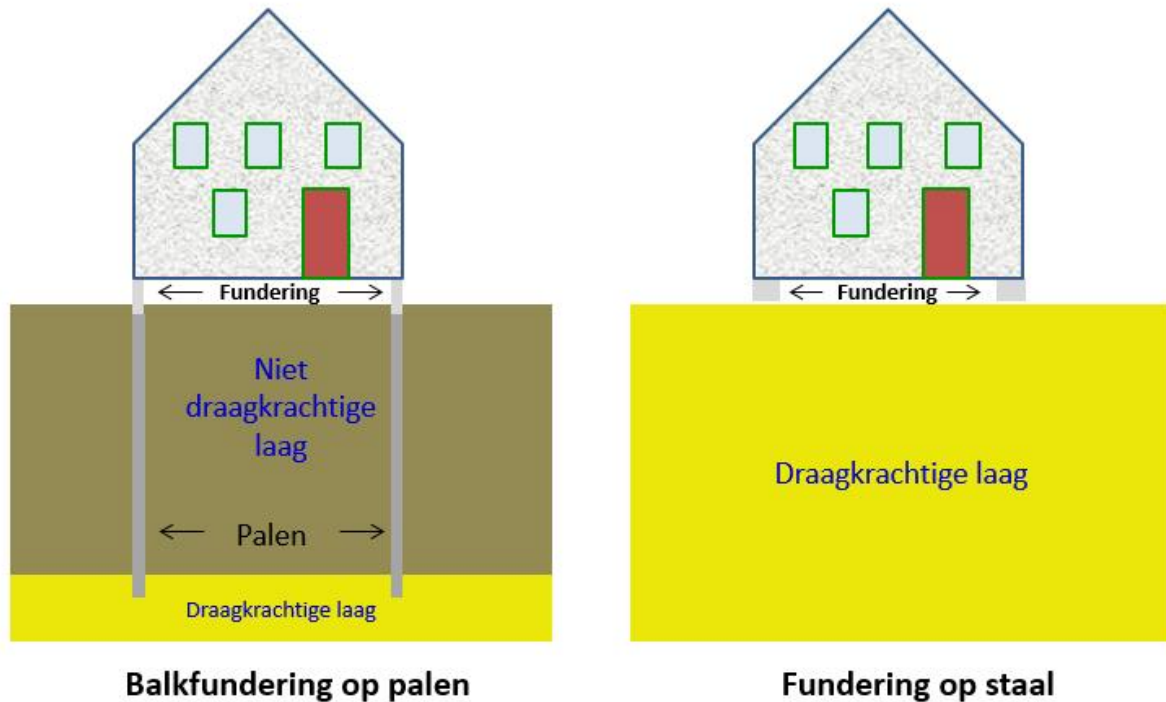
3 Paalfundering

Als de lagen onder een bouwwerk onvoldoende draagvermogen hebben, moet je eerst funderingspalen aanbrengen. Die funderingspalen zijn van hout, beton of staal. Meestal breng je ze aan door te heien. Voordat de palen de grond in gaan, moet eerst funderingsonderzoek plaatsvinden. Op basis daarvan komt er een heiplan. Als het nodig is om de paalfundering trillingvrij uit te voeren, gebruik je boorpalen of injectiepalen. Als de palen in de grond zitten, breng je daar de fundering op aan. Dat gebeurt meestal met een PS-bekisting, die in de grond achterblijft en de fundering isoleert. Bij een kelder worden de belastingen van het bovenliggende gebouw verdeeld over een groot grondoppervlak. De keldervloer is dan de fundering op staal. Het is ook mogelijk de kelder in combinatie met een fundering op palen uit te voeren.



Afbeelding 1 Funderingsbalk storten

Op een niet-draagkrachtige bodem is een fundering op staal niet mogelijk, want door de werking van de bodem zou die fundering verzakken. Ook zwaardere gebouwen drukken te zwaar op de fundering op staal. Onder deze zwaardere gebouwen, of in slappere bodems, komt daarom een paalfundering: een balkfundering met daaronder palen, die tot aan de draagkrachtige laag reiken.



Afbeelding 2 Links fundering op palen, rechts fundering op staal

3.1 Balkfundering

Een balkfundering is smaller en hoger dan een fundering op staal, omdat hij genoeg ruimte moet bieden aan de wapeningskorven en omdat een hogere smalle fundering sterker is dan een platte, brede fundering. Die balkfundering moet breed genoeg zijn om de heipaal in op te nemen, om de beganegrondvloer op te leggen en om het cementraam en de spouwmuur te kunnen plaatsen. Het cementraam ofwel trasraam is een waterkerende strook van ± 12 lagen gemetselde waterkerende klinkers, vanaf de fundering tot ± 6 lagen boven het maaiveld.

Bekisting

De fundering op staal ligt vaak onder een lichter gebouw, zoals een schuur, tuinhuis of fietsenhok. Dat zijn meestal niet verwarmde gebouwen waarin geen mensen wonen. Balkfunderingen zitten juist onder grotere bouwwerken waarin mensen werken of wonen, zoals rijtjeshuizen, flatgebouwen en scholen. Daarom stelt het Bouwbesluit eisen aan de isolatie van deze woningen, en aan de beperking van vochttransport en van koudebruggen. Om te kunnen voldoen aan die eisen uit het Bouwbesluit, pas je meestal een geïsoleerde funderingsbalk toe. Deze maak je door het beton voor de funderingsbalk in een PS-bekisting te storten. Na uitharding van het beton laat je deze bekisting zitten, zodat hij de fundering rondom isoleert en een koudebrug voorkomt, zie ook de leereenheid **Warmte**. Als je de fundering met een PS-bekisting maakt, kun je de maten niet helemaal zelf bepalen, omdat PS-bekistingen alleen in standaardmaten verkrijgbaar zijn. Voor prefab funderingsbalken heb je geen bekisting nodig, omdat de fabrikant die op maat levert.

3.2 Funderingspalen

De funderingspalen geven de fundering voldoende draagvermogen. Alle verschillende onderdelen van de funderingspaal hebben daarbij een eigen functie:

- Paalkop
Aan de bovenkant van de paal neemt de paalkop permante en variabele belastingen van het bouwwerk op.
- Paalschacht
Wrijvingskrachten van de grond werken op de paalschacht: de zijkanten van de funderingspaal. Deze krachten geven de funderingspaal een deel van zijn draagvermogen.
- Paalpunt
De paalpunt aan de onderkant van de funderingspaal levert een deel van het draagvermogen van de paal. De paalpunt brengt krachten die op de paal werken, over op de draagkrachtige laag.

Voor bouwwerken zijn verschillende soorten funderingspalen beschikbaar. Die soorten onderscheid je naar de manier waarop je de palen inbrengt:

- grondverdringende palen: palen die je in de grond brengt, waardoor ze de grond wegdrücken. Meestal gebeurt dat door de palen te heien: met slagkracht sla je ze de grond in. Het is ook mogelijk de funderingspalen in de grond drukken, trillen of schroeven.
- palen met grondverwijdering: boorpalen en mortelschroefpalen.



Afbeelding 3 Vibropalen aanbrengen

Grondverdringende palen: hout

- Houten paal
Vooral oude gebouwen staan op houten palen. Door de opkomst van de betonnen paal vindt het gebruik van houten palen bijna niet meer plaats, behalve in enkele gevallen, zoals bij uitbouwen. Bij de toepassing van houten palen is het belangrijk dat het bouwwerk op een stabiele ondergrond komt. Houten palen zijn geschikt voor belastingen van maximaal 120 kN per paal. Om houtrot te voorkomen, mag er geen zuurstof bij de paal komen. Daarom moet de grondwaterstand minstens 200 mm boven de bovenkant van de houten palen blijven. Bij een te lage grondwaterstand is het mogelijk op de houten paal een oplanger te zetten: een opzetstuk van beton. Daarmee heij je de paal zo diep de grond in dat de bovenkant van de houten heipaal onder de laagste grondwaterstand komt, de betonnen oplanger mag er bovenuit steken. De betonnen paalkop verwijder je door hem te koppensnellen. Hierdoor komen de stekeinden bloot te liggen. Die stekeinden neem je later op in de funderingsbalk.

Grondverdringende palen: staal

- Stalen buispaal
Bij kleine bouwwerken en op plekken met weinig werkhoogte gebruik je vaak stalen buispalen, omdat je daarvoor alleen een kleine heistelling nodig hebt. Na het inheien van het eerste paaldeel las of schroef je het tweede deel er bovenop. Dan heij je het tweede deel de grond in, las je het derde deel er bovenop, enzovoort. Als de paal de juiste diepte heeft bereikt, stort je beton in de buis. Het is ook mogelijk de stalen buizen in de grond te boren, op plekken waar heien teveel overlast geeft.



Afbeelding 4 Heistelling met stalen buispaal

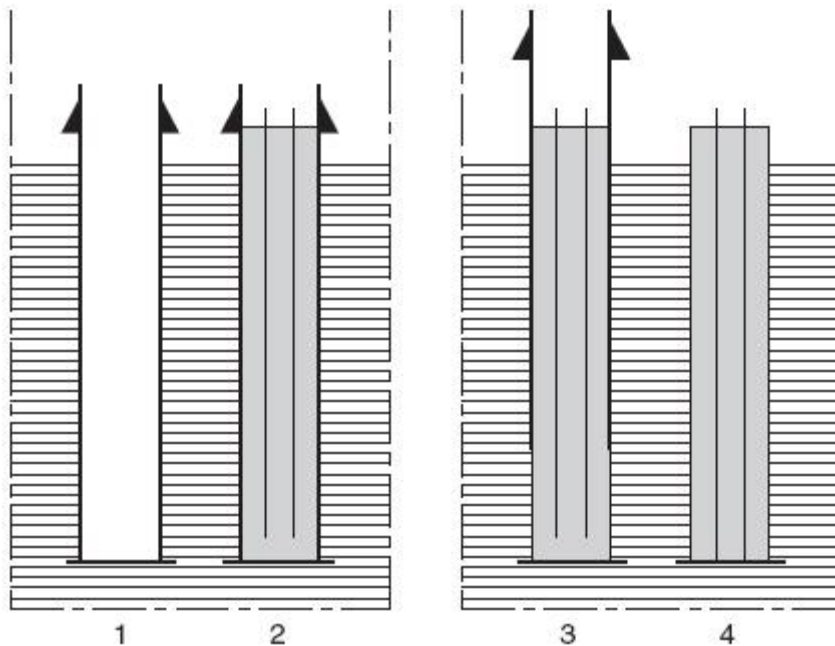


Afbeelding 5 Valblok (links) en laswerk (rechts)

- Vibropaal
Een veelgebruikte heipaal is de vibropaal: een paal die in de grond wordt gevormd met behulp van een stalen mantelbuis, ofwel casing. Aan de onderkant sluit een losse voetplaat de stalen casing af, zodat er geen grond in de casing komt. Die voetplaat blijft uiteindelijk achter in de grond. Na het aanbrengen van de mantelbuis breng je de wapening daarin aan. Ten slotte stort je de holle buis vol met beton, en trekt daarbij meteen de mantelbuis met schokken uit de grond. Je hoeft de lengte van de paal niet van tevoren te bepalen, omdat je de casing van de paal dieper of minder diep in de grond kunt slaan.



Afbeelding 6 Vibropaal



Afbeelding 7 Vibropaal aanbrengen - doorsneden

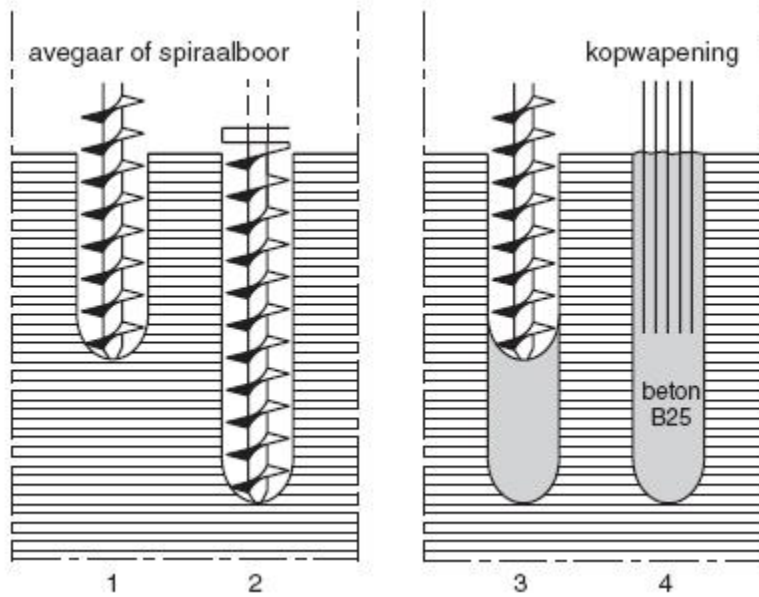
Grondverdringende palen: beton

- Betonpalen zijn prefab palen, die je in de grond brengt door te heien of trillen. Er zijn verschillende diktes en lengtes. Controleer van tevoren de productiedatum op de sticker op de paal. De palen moeten minimaal 3 weken oud zijn. Palen van minder dan 3 weken oud kunnen namelijk scheuren bij het heien.

Palen met grondverwijdering

Er zijn verschillende palen met grondverwijdering. Bij iedere paalsoort hoort een andere manier van grond verwijderen.

- Boorpalen
Je verwijderd de grond met emmer- of schroefboren. Om te zorgen dat het gat niet instort, vul je het met een steunvloeistof, zoals bentoniet. Deze steunvloeistof heeft een lager soortelijk gewicht dan het beton. Daarna breng je de wapening aan. Door betonspecie in het gat te storten verdringt de specie de steunvloeistof.
- Mortelschroefpalen
Bij deze palen is steunvloeistof niet nodig, omdat je de grond met een doorgaande, holle schroefboor verwijderd en de betonspecie door de holte in die schroefboor in het geboorde gat pompt.
- Injectiepalen
Injectiepalen zijn stalen buispalen die je zonder of bijna zonder trillingen in de grond drijft, terwijl je tegelijkertijd grout in de paal injecteert. Grout is een mix van water en cement. Het drijven van die palen geeft weinig overlast. Daardoor zijn ze handig in situaties waarbij je trillingvrij moet werken en waarbij te weinig ruimte is voor grote funderingsmachines.



Afbeelding 8 Mortelschroefpalen aanbrengen - doorsneden

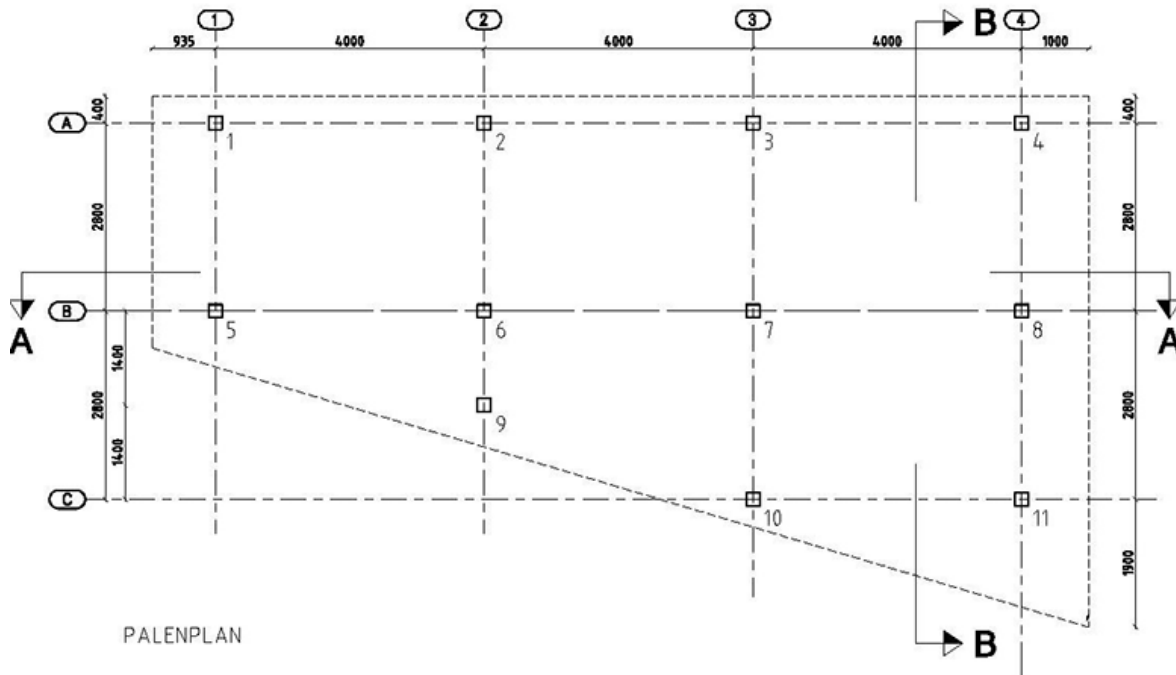
Heimaterieel

Op basis van milieuoverwegingen, bodemgesteldheid, materiaal, gewicht, lengte van de paal, inheidiepte en zwaarte van de paal kiest de constructeur het soort heiblok:

- dieselheiblok
- hydraulisch heiblok
- persluchtblok

3.3 Palen en fundering aanbrengen

Palen kun je boren, pulsen, schroeven of heien. Hier komt alleen de meest toegepaste methode aan bod: heien. Een goede voorbereiding is hierbij belangrijk. De constructeur kiest de paal. Omdat je heit totdat de paalpunt de vaste, harde grondlaag bereikt, moet de constructeur vaststellen op welke diepte de bodem genoeg draagkracht aan de paal kan leveren. Dat bepaalt hij of zij op basis van de berekening van het draagvermogen van de heipalen en op basis van de sonderingsgegevens uit het funderingsonderzoek. De resultaten van dit onderzoek geven bovendien aan wat de beste plaats en verdeling van de funderingspalen is. Deze indeling van de heipaalposities komt in het palenplan te staan. In dat plan staan de hart-op-hartmaten van de palen, de afhakhoogten en de paalnummering. Met deze nummering is het ook mogelijk de volgorde van het heien aan te geven. Die volgorde komt in het werkplan, ofwel heiplan.



Afbeelding 9 Palenplan

Palen aanbrengen

Voordat het heiwerk begint, moet de bouwplaats hierop zijn ingericht en moeten de piketpaaltjes precies op de plek staan waar de hartmaat van de heipalen moet komen. Op de heipalen staan merktekens voor de opleg- en oppakpunten, zodat er geen schade aan de palen ontstaat voordat je begint met heien. Bepaal op welke plek je de eerste paal heit: zo dicht mogelijk bij een sonderingsmeetpunt. Zo kun je de zakking van de eerste paal vergelijken met de gegevens uit het sonderingsdiagram, voordat je verder gaat.



Afbeelding 10 Voorbereiding heiwerkzaamheden

Bij het heien ga je als volgt te werk:

- Rijd de heimachine naar de plaats.
- Het heiblok komt precies midden boven het piket. Aanbrengen gebeurt met de makelaar: de giek van de kraan.
- Controleer of de heimuts in orde is, en vervang deze als dat nodig is.
- Zoek een piketpaaltje op, om de plaats van de heipaal te bepalen.
- Sla de heipaal aan, door hem een klein stukje in de grond te slaan.
- Haal de heipaal met een lier op langs de makelaar.
- Trek de heipaal in de heimuts.
- Laat de heipaal op de plaats van het piketpaaltje zakken.
- Zet de heipaal met een schuiftafel of vork in de juiste stand.
- Start het heiblok.
- Hei de paal de grond in.
- Herhaal voor de volgende palen alles vanaf het begin.

Tijdens het heien houdt de heibaas of opzichter een heiregister bij. Als de zakking van de heipaal sterk afneemt en de paal bijna helemaal in de grond zit, begint de heibaas met kalenderen: het tellen van het aantal slagen per tocht. Eén tocht is 250 mm zakking. Op de geleiders of op de makelaar kun je de zakking per tocht afstrepen en meten. De laatste vier geregistreerde tochten komen in het heiregister. Van deze gegevens kun je een slagdiagram tekenen en dit vergelijken met het sondeerdiagram. Als de gegevens uit de sondering kloppen, komen de conusweerstand en tochten overeen met het sondeerdiagram. Door deze vergelijking controleer je of het werkelijke draagvermogen van de heipaal klopt met de berekening van de constructeur.

Nr. _____ 20 _____

Heiregister Merk en type van het heiblok _____
 Zuigergewicht _____ N
 Slagenergie _____ N m

Nummer op het heiplan																				
Paallengte in m																				
Paalafmetingen	schacht																			
	punt																			
Toelaatbare zakking in mm/slag																				
Aantal kalender- slagen per tocht van 25 cm zakking	1e tocht																			
	2e "																			
	3e "																			
	4e "																			
	5e "																			
Vereiste kalender																				
Hoogte van het bovenzak t.o.v. NAP na de heiling																				
Paalpunt diepte t.o.v. NAP																				

Afbeelding 11 Voorbeeld van heiregister

Het aantal benodigde slagen in de laatste tochten tot aan de stuit, is de vereiste puntweerstand in de grond. Die puntweerstand is afhankelijk van het gewicht van het heiblok en van de grondsoort, doorsnede en lengte van de heipaal. Als het heien zwaarder gaat en langer duurt, betekent dat dat de grond meer weerstand begint te bieden tegen indringing van de paal. Deze weerstand heet heiweerstand.

Balkfundering aanbrengen

Je kort de palen af, door het beton weg te halen tot aan de afhakhoogte. Voor een stevige constructie moet de fundering goed aansluiten op de palen. Daarom laat je de wapening een stukje boven de afhakhoogte uitsteken. Dit zijn de stekeinden. Daaroverheen breng je de wapeningskorven voor de funderingsbalken aan.



Afbeelding 12 Stekeinden van wapening heipalen in wapeningskorf van funderingsbalk

Voor de ringbalkfundering ofwel balkfundering gebruik je prefab funderingsbalken, of maak je een fundering van gegoten beton in een houten, stalen of PS-bekisting. Meestal gebruik je een PS-bekisting, vanwege de volgende voordelen:

- snelle montage
- arbovriendelijke werkwijze, doordat je weinig met zware materialen werkt
- makkelijk sparingen maken
- geen werkvloer nodig
- goede isolatie van fundering door achterblijvende PS-bekisting



Afbeelding 13 Sparing in balkfundering

Het aanbrengen van de ringbalkfundering wijkt op enkele punten af van de fundering op staal:

- Sparing voor palen
Je moet de wapening van de ringbalkfundering aan de palen bevestigen, om een gewapende beton-op-beton aansluiting tussen fundering en heipaal te maken. Daarom maak je in de bodem van de kist een sparing. Bij plaatsing van de bekisting schuif je die sparing over de stekeinden van de palen. De paalkop mag maximaal 30 mm door de PS-bekisting heen steken, anders komt de wapeningskorf te veel naar boven te liggen.
- Sparing voor mantelbuizen
Bij een fundering op staal hoef je meestal geen sparingsvoorzieningen voor leidingen aan te brengen, omdat die onder de fundering doorlopen. Bij een ringbalkfundering moet dat wel. Plaats daarvoor een mantelbuis, waar je de leidingen later doorheen trekt. Voer die mantelbuizen door de balk, zonder de wapening door te knippen. Als dit toch nodig is, moet dit in overleg met de constructeur.

De leidingen mogen niet op de plek komen waar de palen in de fundering steken, omdat ze elkaar dan in de weg zitten. Dit maakt het aanbrengen van een ringbalkfundering ingewikkelder dan een fundering op staal.

De werkvolgorde bij het maken van een ringbalkfundering op palen is:

- Ondergrond vlak maken
Dit doe je net als bij een fundering op staal.
- Stellen
Dit doe je net als bij een fundering op staal.
- Standaardelementen plaatsen
Plaats de standaardelementen tussen de hoekstukken. Koppel de elementen en lijm ze

met purschuim aan elkaar. Op de plekken waar de stekeinden door de bodem van het PS-element moeten lopen, maak je een sparing aan de onderkant.

- Passtukken zagen en plaatsen
Dit doe je net als bij een fundering op staal.
- Wapeningskorven aanbrengen
Schuif de korven over de stekeinden heen. Plaats onder en aan de zijkanten van de korven afstandhouders, zodat de wapening niet direct tegen de bekisting aan ligt.
- Doorvoeringen zagen, leidingen en mantelbuizen plaatsen
Zaag de doorvoeringen in de PS-stukken, en plaats hierin de leiding of de mantelbuis voor leidingen. Steek de leiding of mantelbuis door de wapeningskorf heen, en vul de kieren aan de zijkanten van de mantelbuizen op met purschuim.
- Bovenbeugels plaatsen
Dit doe je net als bij een fundering op staal.
- Betonstorten en verdichten
Stort het beton. Verdicht het beton met een trilnaald.



Afbeelding 14 PS-bekisting met afvoer

4 Houten vloeren

Houten vloeren komen veel voor in oude woningen en in de houtskeletbouw. Omdat hout vrij licht is, drukt het minder zwaar op de fundering. Bovendien is hout minder gevoelig voor thermische uitzetting dan bijvoorbeeld stalen balken onder vloeren. Een nadeel is dat het lastiger is houten vloeren geluidsisolerend, vochtwerend en luchtdicht te krijgen. Daarom vindt de toepassing van hout vooral plaats bij verdiepingsvloeren en in combinatie met moderne materialen, die de geluiddichtheid en vochtwerendheid vergroten, zoals verende platen, waterdichte of dampremmende folie, glaswolisolatie en thermische kussens.



Afbeelding 1 Oude houten vloer

Tot de jaren '50 van de vorige eeuw waren bijna alle vloeren van hout. Maar omdat hout brandbaar is, gevoelig voor houtrot, moeilijker luchtdicht te maken en minder goed isoleert tegen geluid, gebruikt de bouw nu in de meeste vloeren alleen beton, vooral voor de begane grondvloer. Toch zijn houten vloeren niet helemaal verdwenen uit de bouw. Met de opkomst van houtskeletbouw komt de houten vloer juist weer terug, maar dan vooral als verdiepings- en zoldervloer. Ook in kleine bouwwerken komen nog steeds houten vloeren. Bij verbouwwerkzaamheden of renovatie vindt vaak herstel van houten vloeren plaats. Alle redenen om hier meer over te weten dus. Een vloer heeft verschillende functies: ten eerste kan hij een woningscheidende functie hebben. Ten tweede vangt hij belastingen op, spreidt deze en draagt ze over op de wanden of fundering. Ten derde is een vloer warmte- en geluidsisolerend en brandwerend, zelfs een houten vloer.



Afbeelding 2 Houten verdiepingvloer in nieuwbouw

In oude panden zoals grachtenpanden, hebben vloeren ook een woningscheidende functie, omdat zulke bouwwerken uit meerdere woonlagen bestaan. Aan de geluidisolatie en brandwerendheid van vloeren tussen deze verschillende woonlagen, ofwel woningscheidende vloeren, stelt het Bouwbesluit zwaardere eisen dan aan geluidisolatie en brandwerendheid van niet-woningscheidende vloeren. Het is lastig houten vloeren aan deze eisen te laten voldoen. Ze zijn minder geluidsisolerend: $\pm 40\%$ minder dan betonvloeren. Bovendien zijn houten vloeren zijn lastig luchtdicht te maken en gaan ze rotten als er vocht in komt. Daarom zijn veel begane grondvloeren niet van hout, alleen in oudere gebouwen.

4.1 Plaats van vloeren

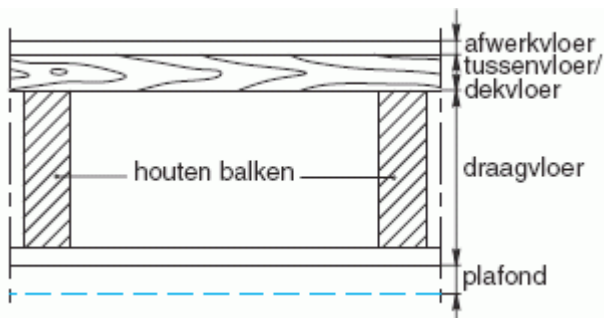
Vloeren liggen op verschillende verdiepingen in het bouwwerk. Omdat de omstandigheden per verdieping verschillen, gelden voor verschillende verdiepingen ook andere eisen waaraan de vloer moet voldoen:



Afbeelding 3 Vloeren in verschillende woonlagen

- **Beganegrondvloer**
De beganegrondvloer ligt op de fundering. Vanuit de bodem trekt veel vocht in de vloer, vooral bij woningen met een kruipruimte. Bovendien kan vanuit de bodem straling omhoog komen. Daarom stelt het Bouwbesluit dat woningen volledig luchtdicht moeten zijn. Omdat dat met een houten vloer lastig te realiseren is, zijn nieuw gebouwde beganegrondvloeren bijna nooit van hout. Toch komt de houten beganegrondvloer in deze leereenheid aan bod, omdat je deze vloer bij de renovatie van oudere woningen nog steeds kunt tegenkomen.
- **Verdiepingsvloer en zoldervloer**
Voor de verdiepingsvloer gelden hogere eisen aan brandwerendheid en stabiliteit dan voor de beganegrondvloer. Hout is van zichzelf minder geluiddicht dan beton. Bij de toepassing van moderne houten vloeren tref je daarom speciale voorzieningen om deze vloeren geluiddicht te maken, bijvoorbeeld een zwevende vloer, een verende vloer of geluidsisolerend materiaal zoals glaswol.
- **Dakvloer.**
Deze komt in deze leereenheid niet aan bod, maar in de leereenheid **Plat dak**.

4.2 Constructie



Afbeelding 4 Opbouw houten vloer

Een houten vloer bestaat altijd uit een draagvloer en een dekvloer. Op de dekvloer kun je weer een afwerkvloer aanbrengen van bijvoorbeeld laminaat of tapijt.

- **Draagvloer**
De draagvloer bestaat uit stevige houten balken, waarop dikke platen of vloerdelen liggen. Die balken zijn aan beide kanten verankerd aan het binnenspouwblad. Om de stevigheid te vergroten is het ook mogelijk stalen balken te gebruiken. Je kunt onder de vloerbalken ook moerbalken te plaatsen, waar de vloerbalken op rusten. In dat geval zitten niet de vloerbalken, maar de moerbalken met ankers aan de binnenspouwbladen vast. De vloerbalken liggen dan haaks op de moerbalken.



Afbeelding 5 Draagvloer

- **Houten dekvloer**
De houten dekvloer heeft vooral een egaliserende functie. Bovendien is het mogelijk hierin isolatie aan te brengen. Ten slotte kun je er ook leidingen en vloerverwarming in wegwerken. De dekvloer bestaat uit houten vloerdelen zoals spaanplaat of OSB. Om de

brandwerendheid en geluiddichtheid te vergroten is het ook mogelijk een zwevende dekvloer te maken. Tussen deze dekvloer en de draagvloer komt een veerkrachtige laag van minerale wol, veren of beugels, waardoor de vloer minder snel trillingen overbrengt. Dat vergroot de geluidsisolatie.



Afbeelding 6 Houten dekvloer

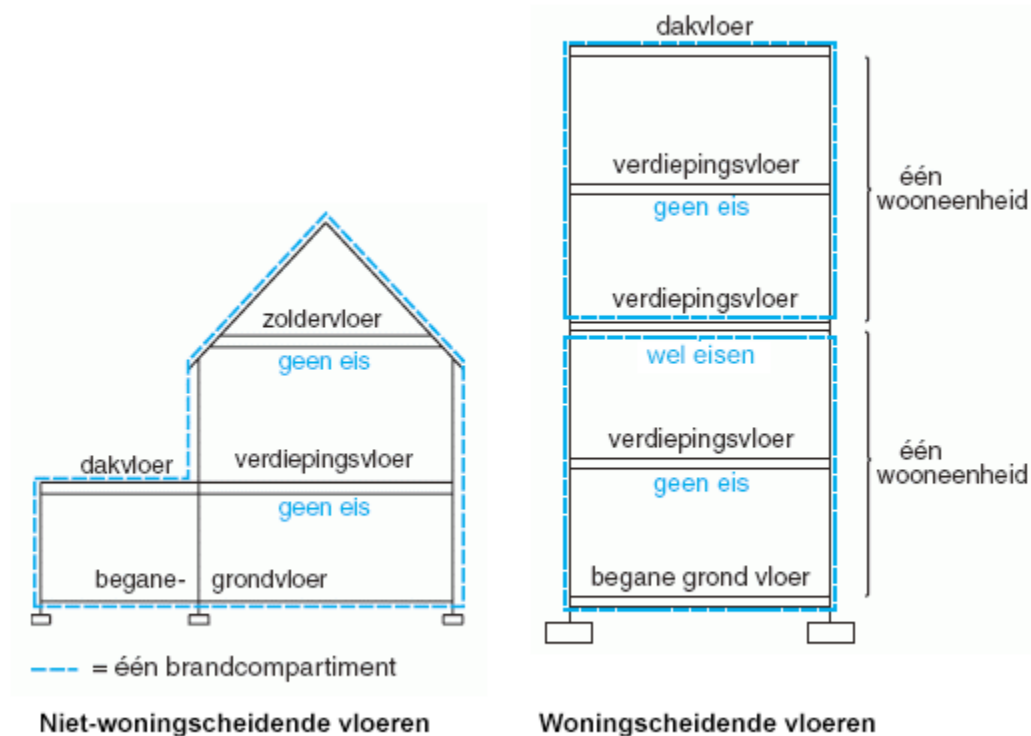
- Afwerkvloer en plafond
De afwerkvloer zit aan de bovenkant van de vloer, het plafond aan de onderkant. De afwerkvloer bestaat uit vloerdelen, vloerbedekking, laminaat of zeil. Het plafond is van hout of gips. De afwerkvloer en het plafond maken de woning mooier. Ook is het mogelijk met deze lagen de woning te isoleren tegen vocht en de luchtdichtheid te vergroten. De afwerkvloer en het plafond moeten brandwerend zijn, als ze tussen twee woonlagen zitten.

4.3 Eisen aan vloeren

Zowel aan woningscheidende als niet-woningscheidende vloeren gelden constructieve en bouwfysische eisen. Die eisen zijn vastgelegd in het Bouwbesluit en in NEN-bladen.

Constructieve eisen

- **Brandwerendheid**
Het Bouwbesluit stelt eisen aan de brandwerendheid van een constructie: de draagconstructie van een gebouw moet gedurende de tijd dat de constructie brandwerend is, overeind blijven staan en zijn functie vervullen, op zijn minst de functie van vluchtweg. In de meeste ruimten moet dat bij brand minimaal 60 minuten duren. Het is mogelijk de brandwerendheid van vloeren te verhogen door onbrandbare of brandwerende materialen toe te passen, zoals minerale wol, of een cementafdekking op de vloer.



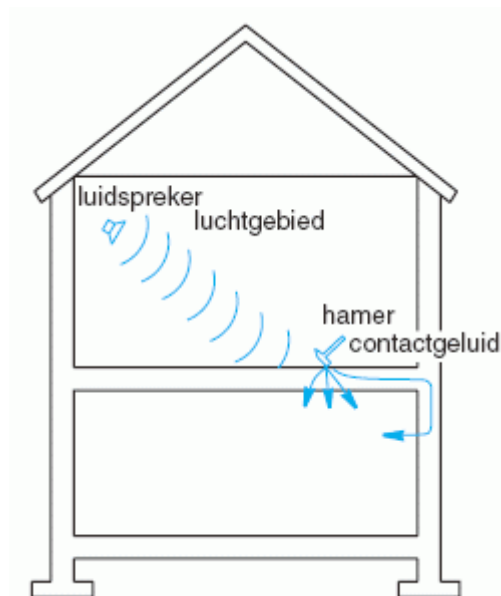
Afbeelding 7 Brandwerendheid van niet-woningscheidende en woningscheidende woningvloeren volgens NEN 6068

- **Weerstand tegen belasting**
De vloerconstructie moet weerstand bieden tegen veranderlijke en permanente belastingen die erop werken. De vloerbelasting mag niet teveel doorbuiging of zetting veroorzaken.
- **Stabiliteit**
Het Bouwbesluit schrijft voor dat vloeren stabiliteitsvoorzieningen moeten hebben waarmee ze stevig genoeg aan de wanden bevestigd zijn, zoals ankers.

Bouwfysische eisen

Het is vrijwel onmogelijk een houten vloer in een bestaande woning te laten voldoen aan de eisen uit het Bouwbesluit: de beganegrondvloer moet volledig luchtdicht en vochtwerend zijn. Dat zou betekenen dat bijna alle houten vloeren in bestaande woningen vervangen zouden moeten worden. Vooral vanuit de kruipruimte dringt vocht en lucht door de houten vloer naar binnen. Voor bestaande bouw stelt het Bouwbesluit daarom geen beperkingen aan het doordringen van lucht vanuit de kruipruimte. Nieuwbouwvloeren moeten wel helemaal luchtdicht en vochtwerend zijn.

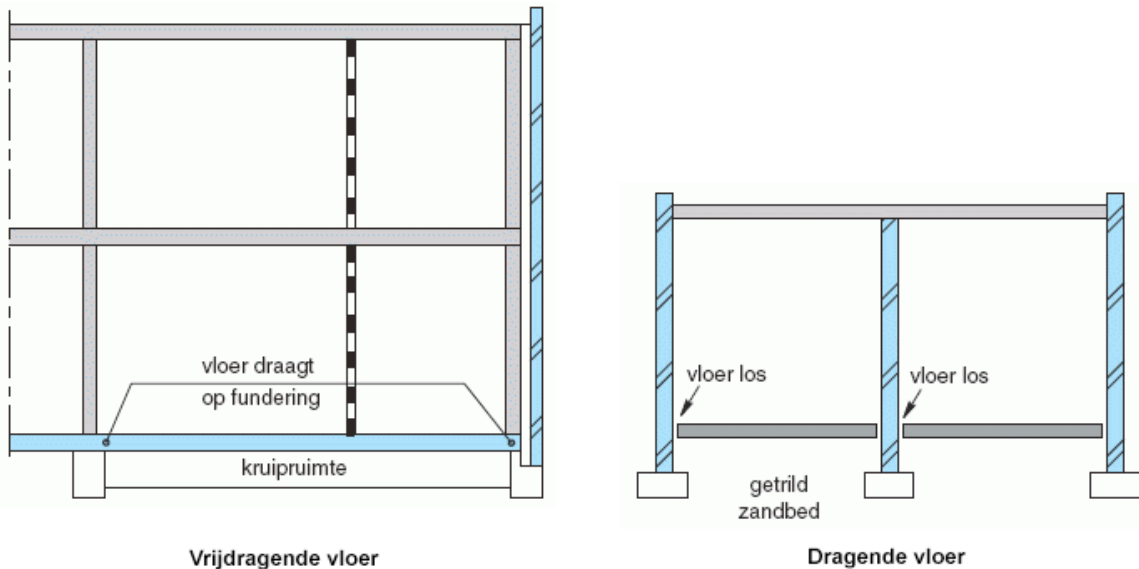
- **Geluidisolatie**
Geluid verplaatst zich via de lucht en via de trilling door het materiaal waarmee het in contact komt. Om een vloer te isoleren, gebruik je daarom luchtgeluidisolatie en contactgeluidisolatie. Hoe groter de massa van de vloer, hoe beter de luchtgeluidsisolatie. Doordat beton bijvoorbeeld meer massa heeft dan een wand van baksteen of hout, houdt een betonwand het luchtgeluid beter tegen. Bij een houten vloer moet je daarom speciale geluidswerende plafonds aanbrengen om hem geluidsdicht te maken. Contactgeluidisolatie pas je toe door isolatie of een verende laag in de houten dekvloer, en door de plafonds niet helemaal tot aan de wand te laten doorlopen, zodat ze contactgeluid niet kunnen overdragen.



Afbeelding 8 Vormen van geluidsoverdracht

- **Thermische isolatie**
Thermische isolatie is belangrijk op plekken met grote temperatuurverschillen tussen de bovenkant en de onderkant van de vloer: bij de dakvloer en beganegrondvloer dus. Daar moet je thermische isolatie toepassen. Het Bouwbesluit van 2015 eist een minimale Rc-waarde van $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$. Zie ook de leereenheid **EPG**.
- **Luchtdichtheid**
Vanwege de aanwezigheid van gassen, straling en vocht in de bodem eist het Bouwbesluit dat de beganegrondvloer volledig luchtdicht is. Besteed hier vooral aandacht aan bij de afdichting van sparingen, zoals bij vloerluiken en leidingdoorvoeren. Let op aansluitingen van de vloer op funderingen en muren, en laat vloerplaten goed op elkaar aansluiten.
- **Ventilatie en vochtwering**
Om te zorgen dat vocht niet in de constructie trekt, moeten er genoeg ventilatieopeningen zijn om het vocht af te voeren, vooral bij oudere woningen met een kruipruimte: minimaal 400 mm^2 per m^2 vloeroppervlakte. Om de vochtige lucht af te voeren, plaats je daarom ventilatieroosters, waardoor de kruipruimte zwak wordt geventileerd. De

ventilatieopeningen van kruipruimten mogen nooit met het buitenspouwblad in verbinding staan, omdat de vochtige lucht dan de spouw in zou trekken. Bovendien mag vanuit de vloer boven de kruipruimte geen vocht vanuit de bodem doordringen. Breng daarom in de kruipruimte 60 mm-100 mm stampbeton of een laag schelpen als bodemafdekker aan, waar het vocht in kan trekken. Om houten beganegrondvloeren te beschermen tegen vocht, voer je ze uit als vrijdragende vloeren. Het vocht heeft dan geen direct contact meer met de grond eronder.



Afbeelding 9 Vrijdragende en dragende vloer

4.4 Materialen

De hierboven beschreven eisen bepalen ook welk materiaal je kiest.

Balklagen

De kwaliteitseisen voor hout voor bouwkundige en waterbouwkundige doeleinden staan in de NEN 5461: Kwaliteitseisen voor hout (KVH 2000). Voor dragende constructies zoals balklagen kun je hout gebruiken uit constructiehout klasse B. Kijk voor meer informatie over houtklassen in de leereenheid **Voorschriften houtconstructies**. Om het hout te beschermen tegen schimmels en houtrot, moet je de vloerbalken en de onderkant van de houten vloerplanken met een conserveringsmiddel behandelen, als het hout daar met vocht in aanraking kan komen. De kopse kanten van de balken en de gedeelten die met steenachtig materiaal in aanraking komen, moet je minstens twee keer schilderen.

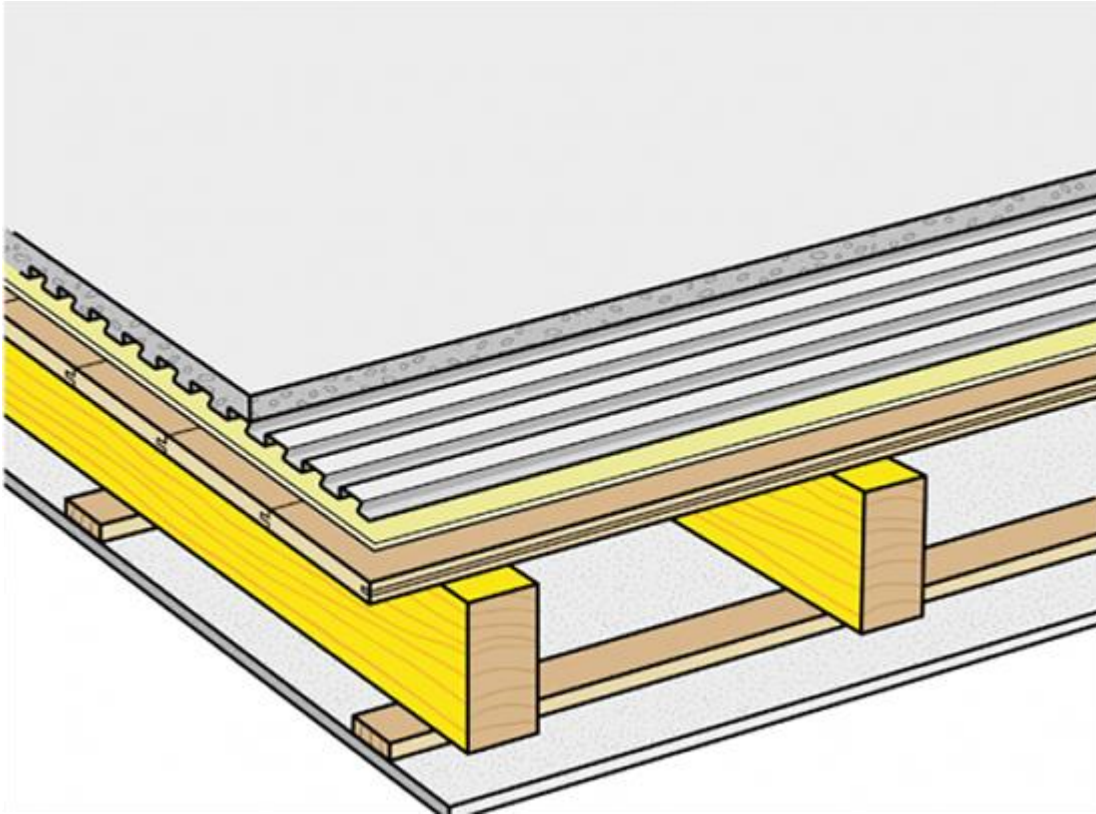
Plaatmateriaal

Plaatmateriaal ligt op de balken van de draagvloer en zit in de houten dekvloer. Voor de draagvloer gebruik je de volgende materialen:

- Vurenhouten vloerdelen
In oude woningen ligt op de balklaag een laag van vloerdelen, vaak van vurenhout. Hiervoor gebruik je hout uit de standaardbouwhout klasse C. In moderne gebouwen komt het gebruik van zulke houten vloerdelen bijna niet meer voor.
- Multiplex platen
in de moderne bouw hebben multiplex en OSB platen de houten planken vervangen. In de houtskeletbouw zijn er triplex ribpaneelvloeren: twee triplex platen met een laag isolatie ertussenin.

- Zwaluwstaartplaten

Direct op houten vloeren kun je niet een badkamer of douche te plaatsen. In dat geval maak je een zwaluwstaartvloer van zwaluwstaartplaten: waterbestendige platen van verzinkt staal, die licht en stevig zijn. Ook geven ze een goede geluidsisolatie. Omdat zwaluwstaartplaten zelfdragend zijn, kun je ze ook als draagvloer uitvoeren. Ze komen dan direct op de balklaag. Op deze platen stort je een laag beton van ± 40 mm dik. Het is ook mogelijk daarin vloerverwarming te verwerken.

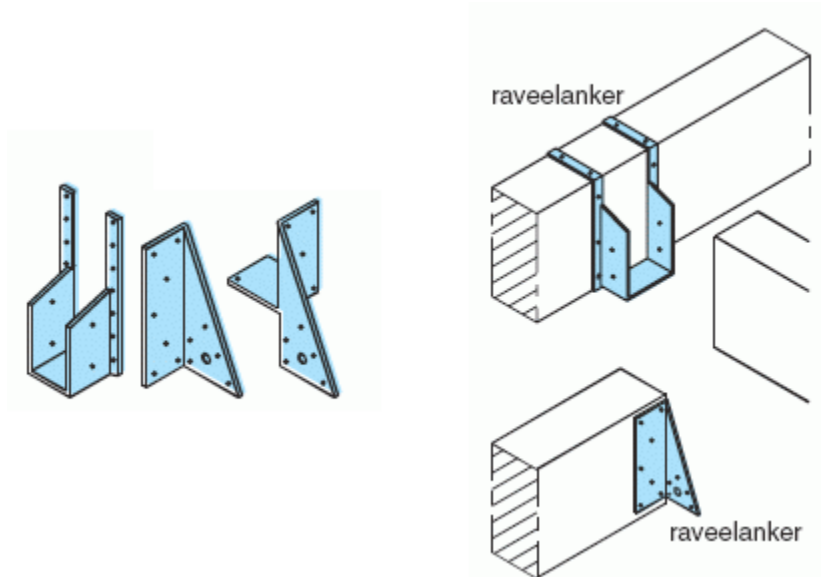


Afbeelding 10 Zwaluwstaartplaat op houten vloer

Ankers

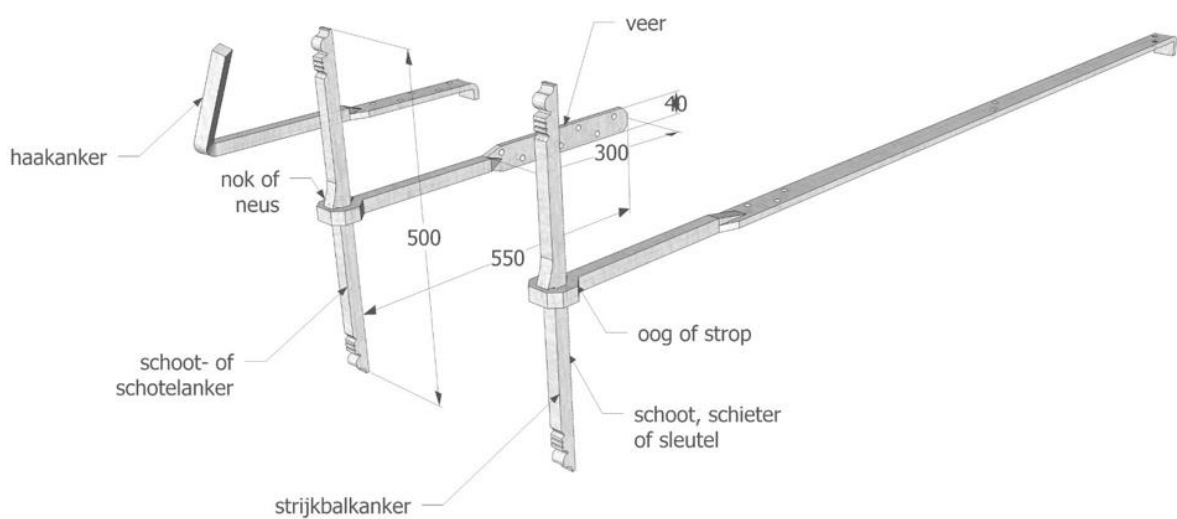
Met ankers kun je makkelijk en snel een verbinding maken. De meestgebruikte ankers bij de bevestiging van houten vloeren zijn:

- Raveelankers
Raveelankers ofwel grip-hoekankers gebruik je voor raveelverbindingen. Vaak zijn dat gegalvaniseerde, plaatstalen ankers.



Afbeelding 11 Raveelankers

- Haakanker
Een haakanker heeft een hoek van 90°. Daarmee verbind je de balken van de verdiepingsvloer aan het binnenspouwblad. Haakankers zitten alleen in de steens gevel van oude panden. Dat zijn gevels die net zo dik zijn als de lengte van een hele baksteen. Bij verdiepingsvloeren van moderne gebouwen mag je ze niet meer gebruiken. Daarin is het gebruik van strijkbalkankers verplicht.



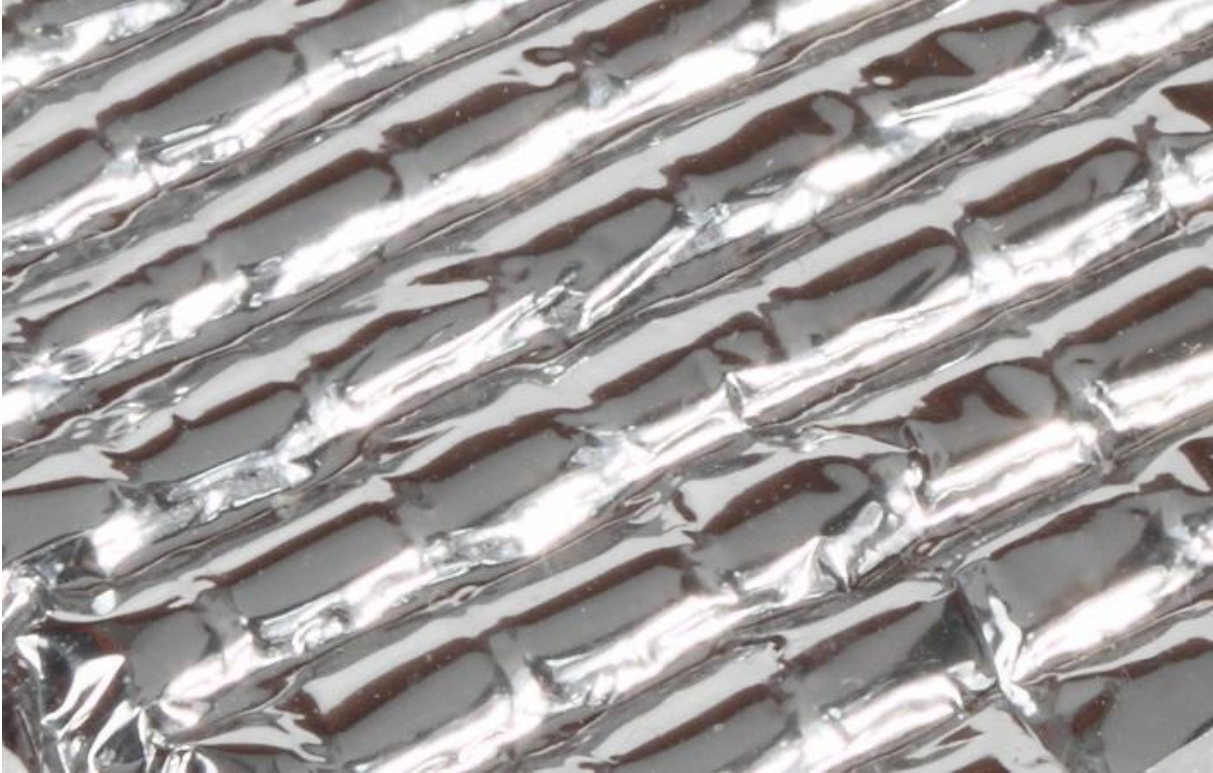
Afbeelding 12 Haakanker en strijkbalkanker

- **Strijkbalkanker**
Met een strijkbalkanker verbind je de strijkbalk aan het buitenspouwblad. De strijkbalk is de balk onder de vloer die naast de gevel ligt. Het strijkbalkanker bestaat uit een metalen staaf, die dwars door het binnenspouwblad loopt. Aan de buitenkant van het buitenspouwblad zit de schoot, dat het anker aan de muur op zijn plaats houdt. Aan de andere kant van de muur steekt het andere uiteinde van de staaf in de strijkbalk. In de hoger gelegen delen van een bouwwerk is er namelijk een groter risico dat de balk de gevel naar buiten drukt. De belasting op de vloer doet de vloer en de balklaag eronder doorbuigen. Door die doorbuiging worden de balken langer. De strijkbalkankers houden de gevel en balklaag bij elkaar. Daarom zijn ze bij de verdiepingsvloer en zoldervloer verplicht. Omdat dit risico bij de beganegrondvloer niet aanwezig is, geldt die eis daar niet.

Isolatiemateriaal

Onder de draagvloer of in de dekvloer verwerk je één van de volgende isolatiematerialen:

- **Polyurethaan (pur) of polyisocyanuraat (pir)**
Pirschuim is meer brandbestendig dan purschuim. Er zijn pir en purplaten, die je onder of tussen de balken aanbrengt. Het is ook mogelijk pir en pur onder de vloer te spuiten. Dit gebeurt vooral bij het na-isoleren van bestaande woningen.
- **Isolatiebekens of isolatieplaten van minerale wol**
Minerale wol is glaswol of steenwol. Omdat beide soorten minerale wol niet dampdicht zijn, zijn ze minder geschikt voor isolatie van de houten beganegrondvloer. Maar omdat ze goed akoestisch isoleren, zijn ze geschikt voor de verdiepingsvloer en zoldervloer. Daar zit minerale wol vaak tussen de draagbalken.
- **Thermokussens van pvc of aluminiumfolie**
Met thermokussens kun je een laag van opblaasbare kussens van pvc of aluminiumfolie maken, waarin lucht komt die de vloer isoleert. De kussens zijn vochtwerend en brandveilig, maar het aanbrengen ervan is niet makkelijk: je moet genoeg werkruimte hebben om ze aan te brengen. Vooral als er veel leidingen onder de vloer lopen, is dat ingewikkeld. Kijk goed of de thermokussens stevig zijn: beschadigde thermokussens raken namelijk lek en verliezen daardoor hun isolatiewaarde.



Afbeelding 13 Thermokussens

- **Duurzaam isolatiemateriaal**
Duurzaam isolatiemateriaal bestaat uit natuurlijke materialen, zoals schelpen, hennep, vlas en schapenwol. Deze materialen zijn minder milieubelastend, maar duurder. De isolerende eigenschappen verschillen per materiaal. Gerecycled katoen en hennep geven een goede thermische en akoestische isolatie en zijn daardoor geschikt voor verdiepingsvloeren, maar ze zijn minder geschikt voor vochtige plekken zoals de beganegrondvloer. Houtvezel en schapenwol reguleren het vocht wel weer goed, maar kosten meer.

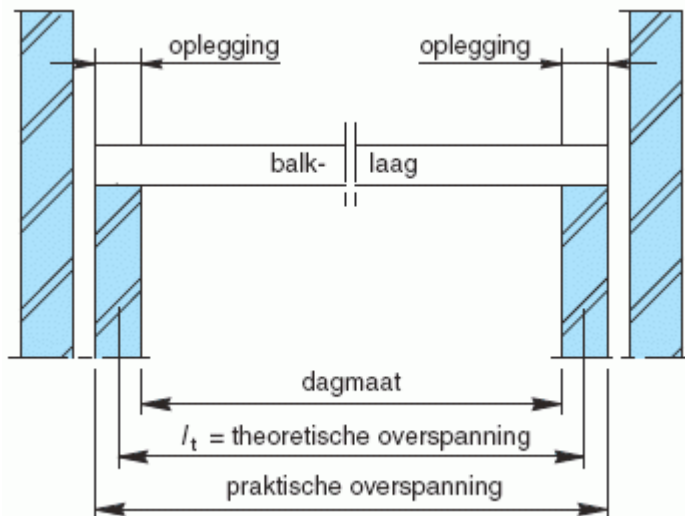
4.5 Verdiepingsvloer aanbrengen

Hier staat beschreven hoe je een verdiepingsvloer aanbrengt. Die werkwijze is voor een groot deel dezelfde als die bij het aanbrengen van een begane grondvloer. Die komt verderop aan bod. Verschillen tussen de begane grondvloer en de verdiepingsvloer zijn:

- Let bij het ontwerp en plaatsen van houten verdiepingsvloeren op de geluidsisolatie. De bevestiging aan het binnenblad moet het geluid of trillingen zoveel mogelijk onderbreken. Kies een bevestiging van de verdiepingsvloer aan het binnenspouwblad die het geluid of de trilling onderbreekt.
- De vloerconstructie rust niet op de bodem, maar ligt op het binnenspouwblad. Daarom gelden er strengere eisen aan de sterkte van de constructie en aan de bevestiging van de vloer aan het binnenspouwblad.
- Bij een verdiepingsvloer hoef je minder aandacht te besteden aan luchtisolatie en vocht dan bij een begane grondvloer.

Zwaarte en lengte van balken bepalen

De dikte en hoogte van de balk bepalen de zwaarte ervan. De constructeur stelt vast welke dikte en hoogte de balk krijgt op basis van belastingen op de vloer en de overspanning van de vloer. De lengte van de balk is de praktische overspanning. Die bepaal je op basis van de dagmaat: de maat tussen de binnenspouwbladen. Je haalt de dagmaat uit de werktekening of meet hem op: van binnenspouwblad tot binnenspouwblad. Bij die dagmaat tel je 2x de oplegging op: 2x de dikte van het binnenspouwblad. Houd er ook rekening mee dat het hout nog kan krimpen. Maak de balken op maat en schilder de uiteinden en delen van de balken die tegen steenachtig materiaal aan komen.



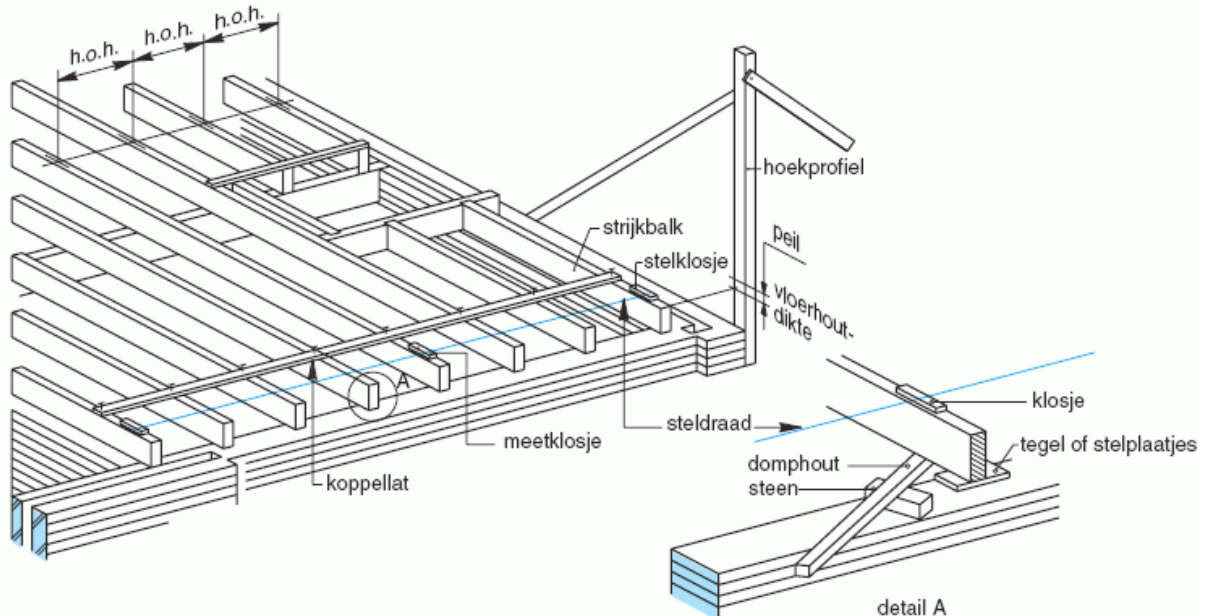
Afbeelding 14 Berekening overspanningsmaten

Balklaag stellen

Bij het stellen van de balklaag is het belangrijk de balken op de juiste hoogte te krijgen. Dit doe je zo:

- De strijk balken zijn de balken die naast de voor- en achtergevel komen. Leg ze op hun plek. Ieder van beide uiteinden van de strijk balk leg je op één van de twee binnenspouwbladen. Omdat de balken een beetje krom kunnen zijn, leg je ze met de bolle kant naar boven, dan drukt de eigen belasting van de balk die bolling weer terug.
- Stel de strijk balken op de goede hoogte en bevestig ze met hoekprofielen en koppellatten aan het binnenspouwblad. Stel de strijk balken op hoogte, op 50-70 mm afstand van het binnenspouwblad. Die ruimte moet je overhouden om leidingen ongehinderd langs de muur te kunnen leggen en om ventilatieruimte te houden. Op de hoekpunten van de

woning stel je de hoekprofielen. Je bepaalt de hoogte van die profielen door de peilhoogte van de woning vanuit het bouwraam met een waterpasinstrument over te brengen en af te tekenen op de muren van het binnenspouwblad. De draagvloer komt op die hoogte. Trek van deze peilhoogte dus de dikte van de draagvloer af, en stel de strijk balken op die hoogte. Bevestig de strijk balken met strijk balkankers of haakankers. Met koppellatten maak je beide strijk balken aan elkaar vast.



Afbeelding 15 Balklaag stellen

- Leg op beide strijk balken een klosje met dezelfde dikte. Span daarover een metselkoord.
- Leg de tussenliggende vloerbalken op hun plek. De maximale hart-op-hart afstand tussen de balken is 1250 mm. Stel de balken op de goede hoogte door de bovenkant van de balk op dezelfde hoogte te brengen als het metselkoord. Met een pasklosje zorg je dat de balk precies op de goede hoogte blijft liggen.
- Bevestig de vloerbalken aan de koppellat.

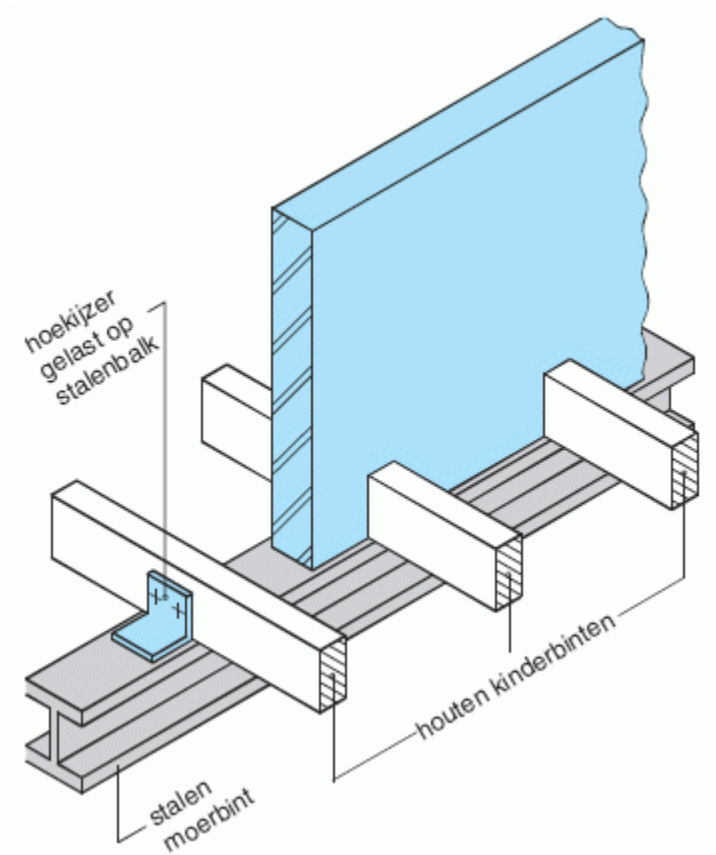
Versteving constructie verdiepingsvloer

Om de verdiepingsvloeren sterk genoeg te maken, mag de overspanningsmaat van de houten balken niet te groot zijn. De constructeur bepaalt hoe groot de maximale overspanning is. Die berekent hij of zij op basis van:

- de hart-op-hart maat tussen de balken
- de zwaarte van de balk: de hoogte en breedte
- de verwachte vloerbelasting

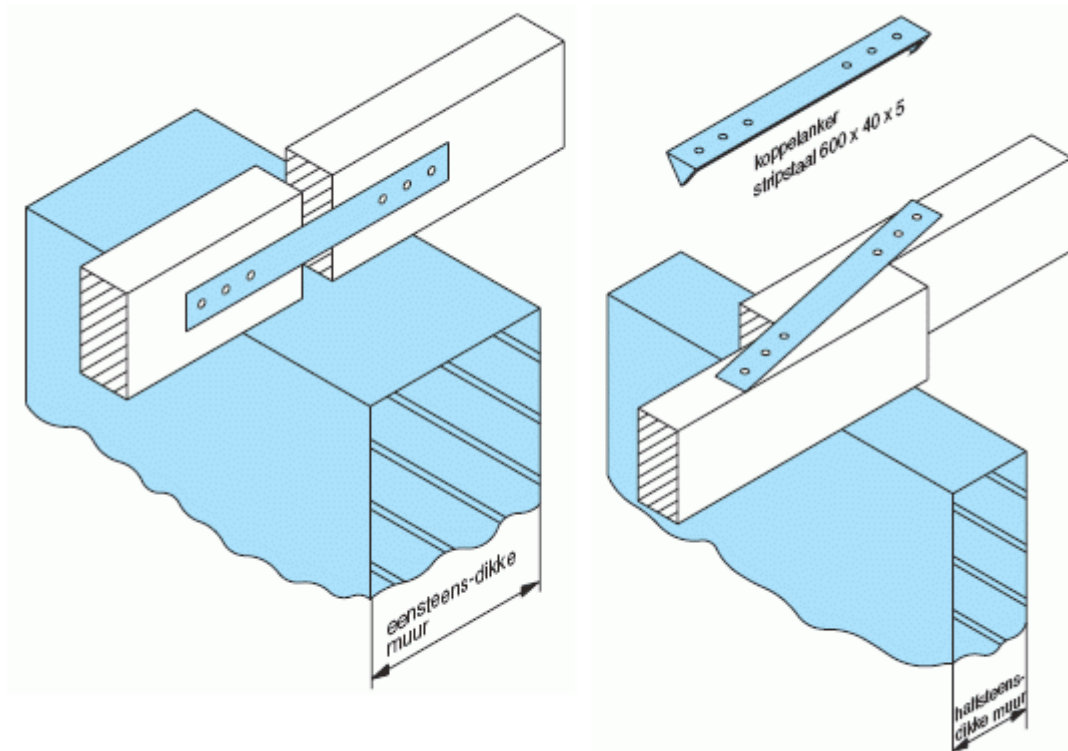
Als de overspanning te groot is bij de verwachte vloerbelasting, kan de constructeur verschillende maatregelen treffen om bij grotere overspanningen de verdiepingsvloer sterk genoeg te krijgen:

- De balklaag sterker maken
Dit kan door zwaardere balken te gebruiken, of de hart-op-hart maat te verkleinen.
- Toepassing van stalen balken in plaats van houten balken
Hierop komt dan de houten vloer.



Afbeelding 16 Stalen balk als onderslagbalk

- Koppeling van twee balken
Dit is een manier om de lengte en breedte van de vloer te behouden en de overspanningsmaat van een houten balk te verkleinen. De balk bestaat in dat geval uit twee of meer balken. In het midden rusten de twee stukken balk op een muur of onderslagbalk, die haaks onder de vloerbalken ligt. Strips of koppelankers verbinden de vloerbalken met elkaar.



Afbeelding 17 Gekoppelde balken op steens en halfsteens muur

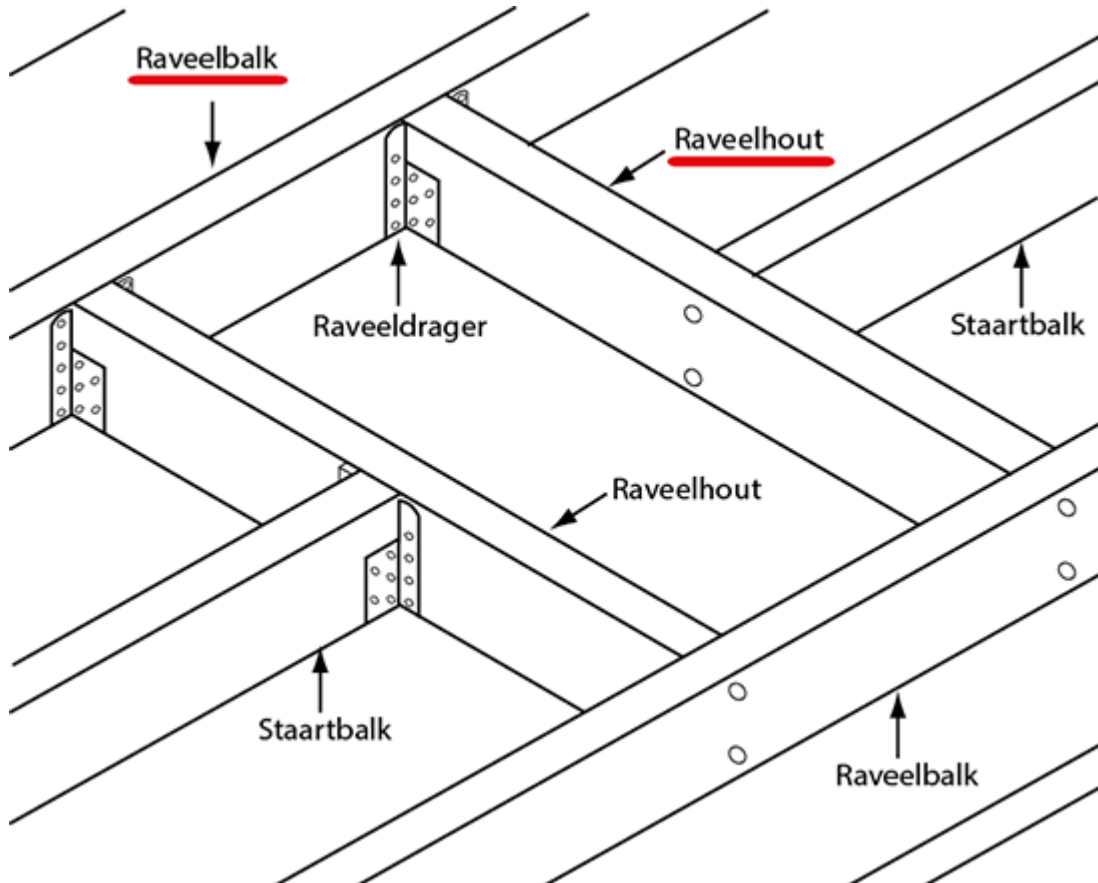
- Toepassing van moerbalken onder de vloerbalken
De vloerbalken rusten op de moerbalken of moerbinten die in een hoek van 90° onder de vloerbalken doorlopen.



Afbeelding 18 Moerbalk onder vloerbalken

Sparingsvoorzieningen aanbrengen

In de vloer maak je sparings voor leidingwerk, afvoer, trap, ventilatieschacht of schoorsteendoorgang. Die sparings maak je zoveel mogelijk tussen de balkenlagen. Zo doorbreek je de stevigheid van de constructie het minst. Soms is dat niet mogelijk, en dan moet je de balk doorbreken. Om de balk daarbij op zijn plaats te houden en het sterkteverlies in de constructie te beperken, breng je tussen twee balklagen een raveling aan: een korte balk haaks op de balklaag. Hiermee vang je de houten balklaag rond de opening op. De krachten van die raveling breng je over op de balklaag met raveeldragers, zie afbeelding.



Afbeelding 19 Raveling aanbrengen

Prefab verdiepingsvloer aanbrengen

Bij prefabvloeren in de houtskeletbouw ga je als volgt te werk:

- Op de steenachtige fundering heb je al een strook waterdicht materiaal gelegd. Breng hierop een houten stelregel aan.
- Breng de stelregel op de juiste hoogte en stel hem waterpas.
- Veranker de stelregel aan de ankers. Vaak zijn die ankers al ingemetseld of ingestort in het binnenspouwblad. Hierop komt dan de vloerconstructie: meestal een prefabvloer.

Vloerdelen van draagvloer en dekvloer aanbrengen

Als de balklaag ligt, kun je de bovenkant ervan op verschillende manieren dichtmaken:

- Vloerdelen of vloerhout
Op de balklaag plaats je vloerhout van geschaafde planken of vloerdelen, om een egale vloer te krijgen. Voor een luchtdichte aansluiting gebruik je geploegde planken: planken met een messing- en groefverbinding.

- **Plaatmateriaal**
Voor de afdekking van balklaag kun je ook plaatmateriaal gebruiken van 18 of 22 mm dik, van bijvoorbeeld multiplex, underlayment, OSB of spaanplaat.
- **Zwaluwstaartplaten**
In bestaande woningen kun je zwaluwstaartplaten direct op de bestaande houten vloer aanbrengen, maar het is beter die vloer weg te halen. In dat geval niet je eerst stroken geluidsisolerend materiaal zoals vilt of steenwol op de balken. Leg daarna de zelfdragende platen haaks op de balken, en laat de platen elkaar genoeg overlappen. Zet op de zijkanten van de platen kantstroken, zodat geluid niet via de rand kan wegvloeien. Leg een krimpnet op de platen om later scheuren in het beton te voorkomen. Breng houten regels aan, waarmee je aangeeft hoe hoog de betonlaag moet worden. Daarna stort je het beton.

Er zijn ook vloerconstructies, waarbij de houten dekvloer direct op de balklaag komt, zoals de zwaluwstaartvloer of de prefab multiplex ribpaneelvloer.

4.6 Beganegrondvloer aanbrengen

Het plaatsen van houten beganegrondvloeren gebeurt bijna niet meer. Maar omdat reparatie aan deze vloeren nog wel plaatsvindt, staat hieronder toch kort beschreven hoe je ze aanbrengt. De werkwijze verschilt niet veel van die bij de verdiepingsvloer:

- zwaarte en lengte van balken bepalen
- balklaag stellen
- sparingsvoorzieningen aanbrengen
- vloerdelen van draagvloer plaatsen en houten dekvloer aanbrengen

Belangrijke verschillen zijn:

- Bij een beganegrondvloer breng je een goede warmte- en luchtisolatie aan tegen warmteoverdracht en straling.
- Bij een beganegrondvloer tref je voorzieningen tegen optrekkend vocht vanuit de bodem. Als je de vloer niet goed tegen dit vocht beschermt, kan hij rotten.
- Je hoeft niet zulke goede geluidsisolatie te plaatsen als bij een verdiepingsvloer.
- Doordat de vloerconstructie van de beganegrondvloer meestal ook op de bodem rust, zijn de eisen aan de verankering van de constructie minder streng.

Dampremmende folie aanbrengen

Een houten vloer is veel minder lucht- en vochtdicht dan een betonvloer. Hierdoor staat hij veel meer bloot aan sterke verschillen in vochtgehalte en temperatuur, vooral boven de kruipruimte. Door die verschillen kunnen de balken uitzetten, krimpen en vocht opnemen, en vochtopname kan leiden tot houtrot. Plaats daarom een waterdichte folie op de bodem van de kruipruimte.

Isolatiemateriaal aanbrengen

Er zijn drie plekken waar je vloerisolatie kunt aanbrengen. De aanwezigheid van een kruipruimte bepaalt ook op welke plek je die isolatie aanbrengt:

- Onder de vloer: dit geeft de beste isolatie.
- Tussen de vloerbalken: dit geeft een minder goede isolatie.
- Boven de vloer: dit kan alleen als onder de vloer geen kruipruimte zit.

Breng extra isolatie aan op de bodem van de kruipruimte met een laag stampbeton of schelpen. Het luik van de kruipruimte isoleer je met een isolatieplaat van polystyreen (PS). Besteed extra aandacht aan kierafdichting en aan afdichting van doorvoeringen, om koudebruggen te

voorkomen. Kijk voor meer informatie over koudebruggen in de leereenheid Warmte. Isoleer de verwarmingsbuizen in de kruipruimte daarom met isolatiehoezen. Als de kruipruimte vochtig is, dek dan de bodem af met waterdichte folie, zodat vocht uit de kruipruimte niet in de onderkant van de vloer kan trekken.



Afbeelding 20 Isolatie kruipruimte met schelpen

4.7 Zoldervloer aanbrengen

Het aanbrengen van een zoldervloer verschilt niet veel van de werkwijze bij de verdiepingsvloer. Het belangrijkste verschil is dat de zolder een dakconstructie met spanten kan bevatten. Die spanten kunnen trekkrachten op de balklaag uitoefenen. Leg de balklagen in dat geval tussen de tegenover elkaar liggende spanten. Zo kunnen de balken de trekkrachten van de spanten opnemen.



Afbeelding 21 Houten zoldervloer

5 Betonvloer

Een betonvloer heeft veel voordelen: hij is goed bestand tegen vocht, waterdicht, luchtdicht, geluidsisolerend, en stevig: je kunt er grote overspanningen mee maken. Bovendien geeft een betonvloer veel architectonische vrijheid: door de stevigheid en de mogelijkheid beton in verschillende vormen te gieten, zijn bijna alle maten en vormen mogelijk. Ten slotte is beton slijtvast: er zijn zelfs betonconstructies van 2000 jaar oud. Nadeel van beton is dat het zwaar is en daardoor zwaar op de bodem drukt. Een betonvloer stelt daardoor hogere eisen aan de fundering dan bijvoorbeeld een houten vloer. Daar staat tegenover dat een betonvloer zo sterk is dat het diezelfde belasting van het bouwwerk ook weer beter over de fundering en onderliggende bodem spreidt. Er zijn veel verschillende soorten betonvloeren. In deze leereenheid komen alleen de meest voorkomende soorten aan bod.



Afbeelding 1 Prefab betonvloer

Betonvloer is een groot horizontaal oppervlak van beton, waar wapening doorheen loopt. Daarbinnen zijn veel variaties mogelijk. Er zijn dragende en vrijdragende vloeren, prefab en in het werk gestort.

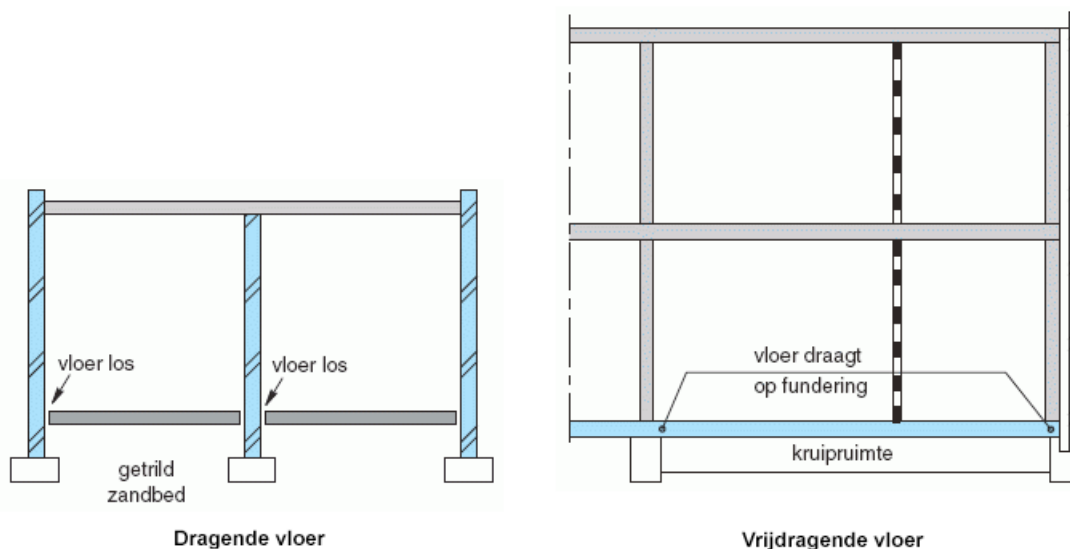
5.1 Constructie

Alle betonvloeren hebben een constructieve vloer. Daarop komt meestal een dekvloer, waarop de bewoner of gebruiker een afwerkingsvloer kan leggen van bijvoorbeeld marmoleum, laminaat, hout of vloerbedekking.

Constructieve vloer

Er zijn dragende en vrijdragende betonvloeren. De dragende vloer draagt de bovenliggende constructie, de vrijdragende vloer niet; die rust op of in de muren of kolommen.

- **Dragende vloer**
Omdat je de dragende betonvloer direct op het zand stort, kun je hem alleen als beganegrondvloer uitvoeren, niet als verdiepingvloer. Het voordeel is dat je daarvoor minder grond hoeft af te graven, wat goedkoper is en wat de bouwtijd verkort. Een dragende vloer op zand komt veel voor onder schuurtjes en kleine aanbouwtjes in combinatie met een vorstrand, zie de leereenheid **Fundering op staal**. Onder de vloer komt een isolatie van polystyreen (PS) platen, die ook de werkvloer is waarop de wapening ligt. Het nadeel van dragende betonvloeren is dat je eronder geen kruipruimte in kunt aanbrengen. Je kunt daardoor niet onder de vloer bij het leidingwerk van bijvoorbeeld water en riolering komen. Daarom liggen dragende betonvloeren alleen onder kleine aanbouwtjes. Ook in bedrijfshallen liggen vaak dragende betonvloeren, omdat die grote overspanningen moeten overbruggen en omdat daarop een hoge vloerbelasting komt. Onder deze vloeren komen dan palen of poeren, die extra ondersteuning aan de constructie geven. Kijk voor meer informatie over zulke constructies met palen en poeren in de leereenheid **Fundering op staal** en in de leereenheid **Paalfundering en kelders**.
- **Vrijdragende vloer**
Een vrijdragende betonvloer is altijd een systeemvloer van prefab onderdelen: een vloer van standaardonderdelen die je volgens een vastgesteld systeem legt. Hij ligt niet op het zand, maar loopt van muur tot muur of van funderingsbalk naar funderingsbalk. Bij een vrijdragende vloer op de begane grond ontstaat daardoor een kruipruimte. Een vrijdragende betonvloer draagt de bovenliggende belastingen dus af naar de muur of funderingsbalk en niet naar het zandpakket onder de vloer. Afhankelijk van de vloerconstructie kunnen vrijdragende vloeren tot 16 meter overspannen. Als de vloer een grotere afstand overspant, of als er veel belasting op komt, verklein je de overspanning door onder de vloer extra balken aan te brengen. De vrijdragende betonvloer is altijd een prefabvloer.



Afbeelding 2 Dragende vloer (links) en vrijdragende vloer (rechts)

- **Dekvloer**
De bovenkant van een in het werk gestorte vloer of systeembvloer is niet vlak genoeg om bijvoorbeeld een laminaatvloer op te leggen. Daarvoor is een dekvloer nodig van 50-70 mm dik, waarmee je de betonvloer glad afwerkt. Bovendien vormt de dekvloer vaak een druklaag die het beton aan de bovenkant meer hardheid geeft. Die dekvloer kan een zandcementvloer of anhydrietvloer zijn. Deze vloeren komen in paragraaf 2.2 van deze leereenheid aan bod. Je kunt hierin ook cv- en waterleidingen wegwerken en er vloerverwarming in aanbrengen. De dekvloer breng je aan door hem in het werk te storten of te vloeien.
- **Afwerkvloer**
Het is mogelijk een in het werk gestorte betonvloer monolithisch af te werken. Een monolithische vloer is een vloer uit één stuk, en niet uit samengestelde delen. De betonvloer wordt dan na het storten gevlijnd door hem te schuren en in te strooien met een slijtvast materiaal. Verdere afwerking met bijvoorbeeld laminaat of vloerbedekking is dan niet meer nodig. Omdat de constructieve vloer hier in één stuk doorloopt in de afwerkingsvloer, heeft hij geen dekvloer.

Er zijn vloeren die in het werk worden gestort, en prefabvloeren:

- **Vloer in het werk gestort**
Deze vloer stort je in een bekisting. Dit is arbeidsintensief: je moet de vloer uitmeten, de bekisting stellen, vullen en verdichten. Bovendien kost de uitharding van die vloer veel tijd, en tijdens die uitharding kan niemand op de vloer staan.
- **Prefabbetonvloer**
Deze vloeren komen uit de fabriek. Een prefabbetonvloer hoeft na plaatsing niet uit te harden, wat de bouwtijd verkort. Een uitzondering hierop is de breedplaatvloer, zie voor de beschrijving van de breedplaatvloer bij **Soorten betonvloeren** verderop in de leereenheid.

Wapening

Vrijwel alle betonvloeren hebben lengtewapening en verdeelwapening. Betonvloeren zonder wapening komen bijna niet voor: alleen als bodemafluiting onder de beganegrondvloer. Vaak bestaat de wapening uit netten van een hoofd- en verdeelwapening. De verdeelwapening heeft in de vloer de volgende functies:

- houdt de hoofdwapening tijdens het storten op de plaats
- verdeelt belastingverschillen gelijkmatig over het plaatoppervlak
- verdeelt plaatselijke belastingen over een grotere oppervlakte

Op plekken waar de vloer extra belasting ondervindt en bij een doorbreking van de vloer plaats je bijlegwapening.



Afbeelding 3 Wapening betonvloer

Eisen

De vloerconstructie van een betonvloer moet aan de dezelfde bouwfysische eisen voldoen als die van een houten vloer. Voor de betonvloer gelden daarbij de volgende aandachtspunten:

- **Stevigheid**
Om genoeg belasting te kunnen weerstaan mag de vloer niet teveel doorbuigen, en hij moet stabiel liggen. Je kunt de vloer meer stevigheid geven met extra ondersteuning van muren, kolommen en ondersteuningsbalken. Ook door de hart-op-hart afstand tussen de wapeningsstaven klein te houden en dikkere staven te gebruiken, kun je de stevigheid van het beton vergroten. Meer informatie hierover staat in de leereenheid **Vloerconstructie in het werk gestort** en de leereenheid **Vloerconstructies in één richting dragend**. Hoeveel belasting de vloer moet kunnen weerstaan, is afhankelijk van de functie van de vloer. Een woonkamervloer bijvoorbeeld hoeft niet zoveel belasting te weerstaan als een klaslokaal met metaalbewerkingsmachines. In het tabellenboek staat per functie van het gebouw wat de maximale veranderlijke vloerbelasting is.
- **Wapening**
De wapening mag niet in contact staan met zuurstof, omdat hij dan kan corroderen. Daarom moet er genoeg beton rond de wapening zitten, zodat de wapening niet bloot komt te liggen.
- **Dilataties**
De betonvloer krimpt en zet uit. Bij grote vloeroppervlakken moet je de vloer onderbreken met een dilatatie: een kier in de betonvloer, die de vloer de ruimte geeft om te werken. De constructeur bepaalt de afstand waarop die dilataties van elkaar komen te liggen. Bij in het werk gestorte vloeren maak je dilataties door in het betonoppervlak voegen te zagen

van 3-4 mm breed en 30-40 mm diep. Zo heeft het beton enige ruimte om uit te zetten en te krimpen.



Afbeelding 4 Dilatatie in betonvloer

- **Isolatie**
Het Bouwbesluit stelt dat constructies die het verblijfsgebied afscheiden van toiletruimte, badkamer of kruipruimte, een minimale warmteweerstand ofwel Rc-waarde moeten hebben. Dit geldt ook voor de warmteweerstand van constructiedelen aan de buitenkant van het bouwwerk: de gevel, het dak en de beganegrondvloer. Die eisen worden steeds strenger. Omdat de beganegrondvloer onderdeel is van de uitwendige scheiding van het bouwwerk, moet je hem goed isoleren. De uitwendige scheiding is de scheiding tussen de ruimte binnen en buiten het bouwwerk. Daarom zijn niet alle vloeren geschikt als beganegrondvloer. De PS-isolatievloer, de ribcassettevloer en de geïsoleerde kanaalplaatvloer zijn geschikt als beganegrondvloer, omdat daar een isolerende laag onder zit.
- **Hardheid**
De dekvloer moet een minimale hardheid hebben. Hoe hard die moet zijn, is afhankelijk van het gebruik ervan: voor kantoren gelden bijvoorbeeld andere eisen dan voor fabriekshallen.

Doorvoeringen en installatievoorzieningen

In, op, onder of van boven naar beneden door de vloer komen installatievoorzieningen die de opbouw van de vloer beïnvloeden. De constructeur beoordeelt welke functie het gebouw krijgt en bepaalt waar de leidingen dan het best kunnen lopen: in, op, onder de vloer of erdoorheen van boven naar beneden.

- **In de vloer**
Het is mogelijk om in de betonvloer elektradozen te verwerken. In een breedplaatvloer kun je veel leidingwerk opnemen, voor bijvoorbeeld luchtbehandeling, riolering, elektriciteit en water. In een ribcassettevloer kan dat niet.
- **Op de vloer**
Elektriciteitsleidingen breng je aan op de vloer. Ook breng je buizen voor bijvoorbeeld water, rioleringen en mechanische ventilatie op de betonvloer aan, als je ze niet in de dekvloer kwijt kunt, omdat ze daar te groot voor zijn of omdat je de dekvloer niet wilt hoeven openbreken bij reparaties aan het leidingwerk.
- **Onder de vloer**
De riolering hangt op de beganegrondvloer aan een betonbalk onder de vloer. Aan de straatkant van het bouwwerk moet je de riolering op de diepte leggen die de gemeente heeft vastgesteld, zodat ze de riolering van het bouwwerk kan aansluiten op het

gemeentenetwerk. Ook installaties in de utiliteitsbouw hangen vaak onder de vloer, maar dan de verdiepingsvloer, zodat het makkelijk is ze bij reparaties te bereiken.

- Door de vloer van boven naar beneden
Alle leidingen voor elektriciteit, aan- en afvoer van water, verwarming, ventilatie en communicatie lopen van boven naar beneden door de betonvloer. Bij vloeren die je in het werk stort, breng je hiervoor ter plaatse sparingen en mantelbuizen aan. Bij prefabvloeren bereken je al bij het ontwerp van het bouwwerk waar die voorzieningen moeten komen.

De plaats van de leidingen heeft een grote invloed op de beslissing van de constructeur welke soort betonvloer er komt.



Afbeelding 5 Leidingen in betonvloer

5.2 Soorten betonvloeren

Er zijn verschillende soorten betonvloeren. Hier komen alleen de betonvloeren aan bod die het meest voorkomen. Behalve de in het werk gestorte massieve plaatvloer zijn alle vloeren prefab systeemvloeren. De fabrikant maakt deze vloeren op basis van een vloerenplan: een plattegrond van het bouwwerk, waarop de vloerplaten getekend en genummerd zijn. De meeste daarvan zijn licht van gewicht en gemakkelijk aan te brengen. Als onder de begane grond een kruipruimte zit, leg je een geïsoleerde systeemvloer. De PS- isolatievloer, de ribcassettevloer en de geïsoleerde kanaalplaatvloer zijn veelgebruikte beganegrondvloeren. Deze vloeren zijn in verschillende diktes leverbaar. Iedere dikte heeft een andere maximale overspanning en andere Rc-waarde. Zie ook de leereenheid **EPG**. Niet-geïsoleerde systeemvloeren gebruik je vaak voor de verdiepingsvloer, zoldervloer en dakvloer.

Massieve plaatvloer

Een massieve plaatvloer bestaat uit gewapend beton. In het werk gestorte vloeren maak je met een bekisting. Omdat het maken van die bekisting arbeidsintensief en kostbaar is, komt dit steeds minder voor. Toch vindt deze toepassing nog steeds plaats in de volgende situaties:

- als de bouwplaats te slecht bereikbaar is voor de aanvoer of montage van prefab-onderdelen
- als de vorm van de vloer complex is en als je maar weinig van deze vloeren hoeft te maken
- als je een monolithische vloer moet maken, bijvoorbeeld voor een hoge geluidsdichtheid

Nadelen van in het werk gestorte betonvloeren zijn:

- hoog gewicht. Daarom vindt toepassing van deze vloeren bijna niet plaats bij verdiepingsvloeren
- arbeidsintensief
- lange doorlooptijd: zolang de gestorte vloer droogt, is het niet mogelijk erop te lopen

Vanwege die nadelen vindt toepassing van in het werk gestorte vloeren steeds minder plaats. Bovendien komen er steeds meer prefabvloeren, zoals alle hieronder beschreven vloeren.



Afbeelding 6 Massieve plaatvloer storte

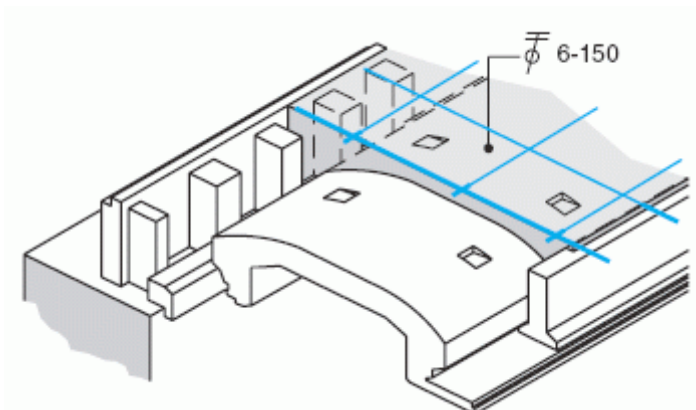
Polystyreen isolatievloer

Een andere naam voor polystyreen (PS) isolatievloer is balken-broodjesvloer of combinatievloer. Hij bestaat uit omgekeerde T-balken van voorgespannen beton, met daar tussenin vulelementen van polystyreen, die de vloer lichter maken en goed isoleren. Op de T-balken en vulelementen komen wapeningsnetten, waaroverheen je een druklaag stort. De druklaag spreidt belastingen over de vloer van bijvoorbeeld meubilair en personen. Voor die druklaag moet je eerst een randbekisting maken.



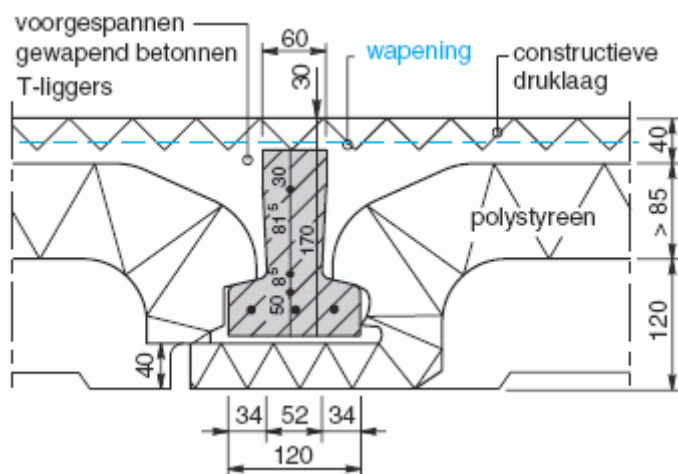
Afbeelding 7 PS-isolatievloer

Bij die randbekisting komen langs de zijkant van de vloer speciale PS-bekistingselementen, die een koudebrug bij de aansluitingen tussen gevel en vloer voorkomen en de vloer bij de oplegging isoleren.



Afbeelding 8 Koudebrug bij geïsoleerde randbekisting voorkomen

In de afwerklaag passen leidingen met een kleine doorsnede, zoals cv-leidingen. Deze vloer is door zijn goede isolatie geschikt als beganegrondvloer. Een PS-isolatievloer als verdiepingsvloer is niet mogelijk, omdat de onderkant ervan geen mooie afwerking heeft: je zou dan een plafond van polystyreen krijgen.



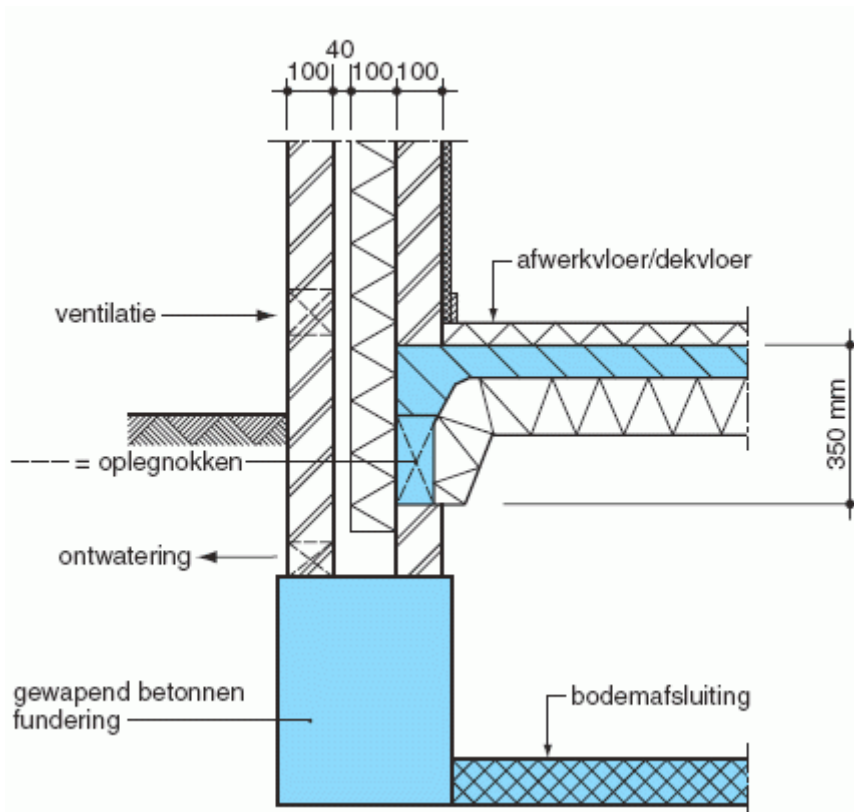
Afbeelding 9 Doorsnede combinatievloer

Ribcassettevloer

Ribcassettevloeren bestaan uit ribben van gewapend beton op een polystyreen laag. Met die ribben zijn overspanningen mogelijk van maximaal 7 meter. Vaak komen tussen de ribben sparingen voor leidingwerk. De ribcassettevloer is een beganegrondvloer, zie afbeelding hieronder. Net als de polystyreen isolatievloer is de ribcassettevloer niet geschikt als verdiepingvloer, omdat de onderkant ervan geen mooie afwerking heeft: de onderliggende verdieping zou dan een plafond van polystyreen krijgen.



Afbeelding 10 Ribcassettevloer



Afbeelding 11 Oplegging van ribcassettevloer op fundering

Op de kopse kanten van de vloerelementen zitten verzwaarde betonnen oplegnokken, die op de fundering komen. Je legt de ribcassettevloer in één keer met een kraan. Om scheurvorming te verhinderen, krijgt deze vloer een harde afwerklaag.

Breedplaatvloer

Andere benamingen voor breedplaatvloer zijn bekistingplaatvloer, schilvloer of breed-plankvloer. Het is een vrijdragende, half prefab betonvloer van betonplaten van ± 50 mm dik met onderwapening. Tralieliggers, die boven de plaat uitsteken, geven de plaat voldoende stijfheid. Bovendien zijn het hijspunten waaraan de kraan de plaat aan kan oppakken.



Afbeelding 12 Breedplaatvloer met leidingen

Op de breedplaatvloer komt een wapeningsnet, waarop je beton stort. Op die manier maak je een monolithische betonvloer. Omdat er dus nog een behoorlijk dikke laag beton op deze vloer komt, is het mogelijk daarin redelijk grote leidingen weg te werken. Doordat de breedplaatvloer monolithisch is, geeft hij een goede geluidsisolatie. Dat maakt hem geschikt als verdiepingsvloer. Bij het storten van het beton op de vloer moet je onder de vloer stempels plaatsen om de vloer te ondersteunen, want de vloer kan de belasting van het nog niet verharde beton dan nog niet dragen. Daarom kun je hem niet als beganegrondvloer plaatsen: je zou dan niet genoeg hoogte voor die stempels onder de vloer hebben, ook niet in de kruipruimte. Bovendien heeft de breedplaatvloer geen warmte-isolatie.

Airdeckvloer

De airdeckvloer is een prefab breedplaatvloer met holle ruimtes. Op een plaat met onderwapening en tralieliggers zitten holle airboxen die gewicht besparen. De fabriek maakt alle vloerelementen op maat en maakt er sparingen of instortdelen in.



Afbeelding 13 Airdeckvloer plaatsen

Kanaalplaatvloer

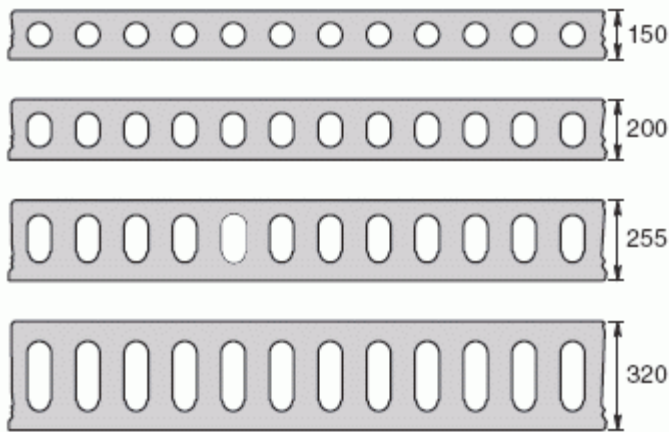
De kanaalplaatvloer bestaat uit grindbeton. Al in de fabriek krijgt hij een wapening van voorgespannen staal. Om het eigen gewicht van de plaat te verlagen, komen in de plaat kokervormige sparingen, in de lengterichting van de plaat. Met deze platen zijn overspanningen van maximaal 16 meter mogelijk.



Afbeelding 14 Kanaalplaatvloer plaatsen

Er zijn verschillende soorten kanaalplaatvloeren:

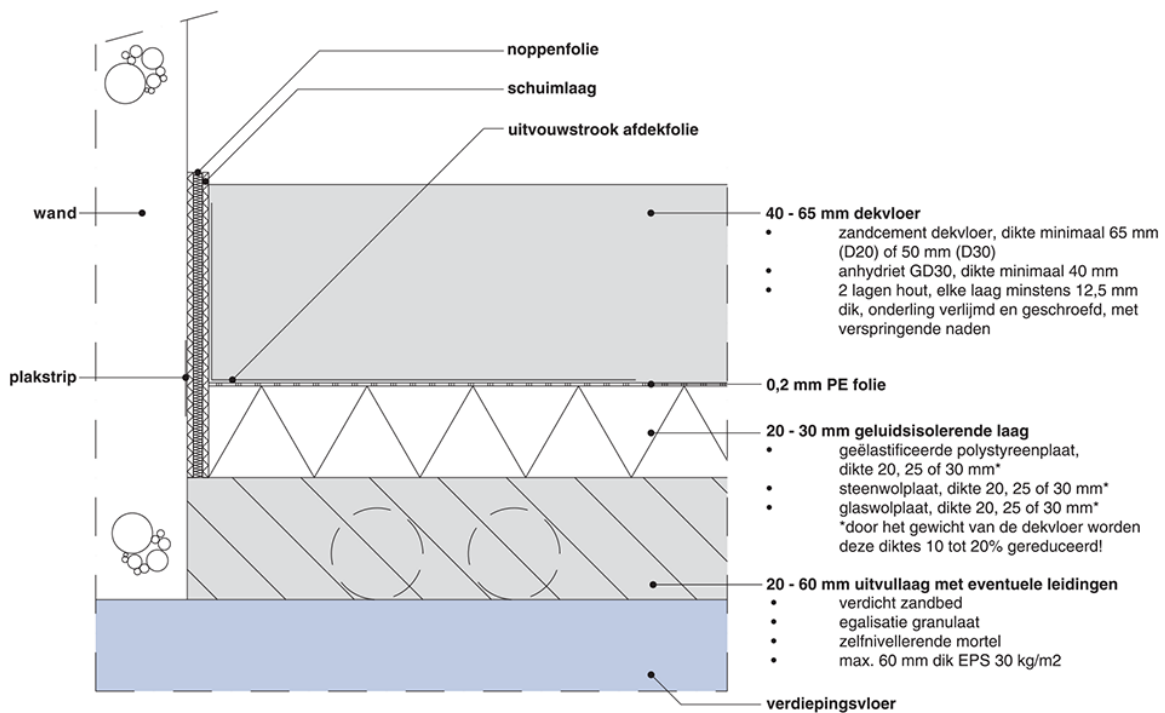
- Niet-geïsoleerde kanaalplaatvloer
Deze ligt als verdiepingvloer en zoldervloer in woningen. Deze platen hebben een gladde onderkant, zodat voor het plafond geen verdere afwerking nodig is.
- Kanaalplaatvloeren met isolatie voor de beganegrondvloer
Aan de onderkant van deze vloer zit een EPS-laag, waardoor hij geschikt is als beganegrondvloer.
- Leidingplaatvloer
In deze vloer zitten schachten waarin het leidingwerk komt. Het is belangrijk om van tevoren de goede plaats van de schachten te bepalen. Faalkosten ontstaan namelijk als je na plaatsing van de platen alsnog sparingen in het werk moet maken.
- Appartementenplaatvloer
Deze vloer heeft een goede geluidsisolatie tussen woningen in een appartementencomplex. Met deze vloer zijn overspanningen tot 11 meter mogelijk. De fabrikant kan sleuven in de vloer aanbrengen om leidingwerk weg te werken. Met deze sleuven hoef je van tevoren niet exact te bepalen waar de leidingen komen.



Afbeelding 15 Verschillende diktes van kanaalplaatvloeren van 1200 mm breed

Dekvloer en afwerkvloer

Op de betonvloer komt vaak een dekvloer, een afwerkvloer of allebei. Een zwevende dekvloer bovenop de betonvloer geeft een goede geluidsisolatie. Zo'n vloer maakt geen direct contact met het beton, doordat er tussen de constructievloer en dekvloer een laag van bijvoorbeeld minerale wol of polystyreen zit, zie afbeelding.



Afbeelding 16 Zwevende dekvloer

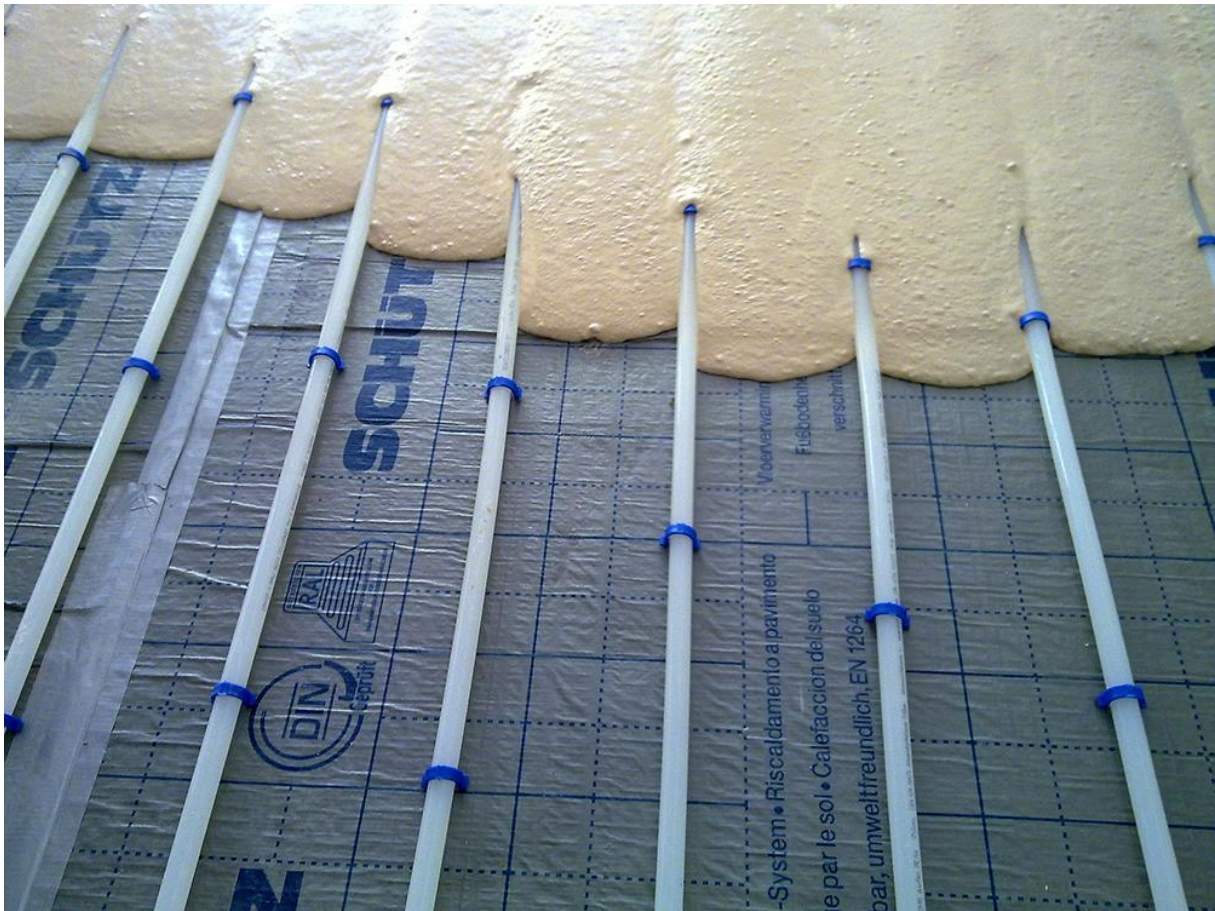
Er zijn veel verschillende dekvloeren en afwerkvloeren. Voorbeelden van betonnen dekvloeren zijn de zandcement dekvloer en de anhydrietvloer, een voorbeeld van een betonnen afwerkvloer is de gevulde betonvloer:

- Zandcement dekvloer
Vaak werk je de vloer af met een zandcement dekvloer. Die bestaat uit een deklaag van veel zand, waaraan je een beetje cement en weinig water toevoegt. In een zandcement dekvloer kun je leidingen voor water, verwarming en elektra wegwerken. Je brengt hem aan en reit hem af.



Afbeelding 17 Zandcement dekvloer

- Anhydrietvloer
De anhydrietvloer vloer is een gipsgebonden vloer. Deze vloer smeert je niet, maar breng je aan door hem te vloeien. Voordelen van de anhydrietvloer vloer zijn de grote buig- en treksterkte, lage krimp, grote slijtvastheid en de mogelijkheid grote oppervlakken te bedekken zonder naden. Bovendien kun je deze vloer in weinig tijd aanbrengen. Een nadeel is dat hij niet zo geschikt is voor vochtige ruimten. Een bijkomend nadeel is dat het mengsel zo vloeibaar is, dat je alle naden, gaten en kieren goed moet dichtmaken voordat je de vloer stort, anders loopt het vloeibare mengsel weg.
- Gevlinderde betonvloer
Een gevulde betonvloer heeft geen dekvloer. Het vlinderen gebeurt als de vloer bijna is uitgehard. Hierbij schuur je de betonvloer af. Een vloer die intensief wordt gebruikt, krijgt een afwerklaag van fijn grind gemengd met cement, waarna je hem afschuurt en instrijkt met curing compound: een middel om de vloer tegen uitdroging te beschermen.



Afbeelding 18 Anhydrietvloer vloeien

6 Plat dak

Een plat dak is een vrijwel horizontaal vlak met een gering afschot voor de afvoer van regenwater. Het belangrijkste doel van het dak is het afsluiten van een bouwwerk en de bescherming ervan tegen invloeden van buitenaf. Het dak moet bestand zijn tegen klimatologische omstandigheden zoals wind, regen, hagel en sneeuw. Ook moet het dak genoeg draagkracht hebben om bijvoorbeeld die regen en sneeuw te kunnen dragen. Daarnaast moet het dak thermisch en geluidsisolerend zijn en moet het voldoen aan de wettelijk gestelde minimumeisen. Al deze kenmerken hebben invloed op de constructieve opbouw.



Afbeelding 1 Plat dak

Platte daken komen in de woningbouw vaak voor op bungalows, op recreatiewoningen en op bijgebouwen zoals garages en schuren. In de utiliteitsbouw zitten platte daken op industriële gebouwen, op grote woon- en kantoorgebouwen en op hallen. Een plat dak is financieel aantrekkelijk, vaak lichter in gewicht dan hellende daken, constructief eenvoudig en het biedt de mogelijkheid tot grote overspanningen.



Afbeelding 2 Plat dak met opstand en stadsuitloop

Een plat dak bestaat uit de volgende onderdelen:

- ballastlaag: grind of tegels. Deze beschermen het dak tegen UV-straling en zorgen dat de dakbedekking niet opwaait. Ze liggen op een losliggende dakbedekking.
- waterdichte dakbedekking. Deze is van EPDM, ofwel synthetisch rubber. De dakbedekking kan ook bestaan uit bitumen, soms gemodificeerd.
- dragende ondergrond: hout, beton of staal
- isolatie: anorganische materialen zoals glaswol of steenwol, of kunststof schuimen zoals polyurethaan of polystyreenschuim
- spouw: voor ventilatie
- dampremmende laag: vocht doorlatend om rotting en schimmelvorming te voorkomen
- plafondafwerking

De opbouw kan per dak verschillen. De gekozen materialen en de plek waar het isolatiemateriaal zit, bepalen die opbouw. Een goede detaillering van de dakopbouw is nodig om het vochtgehalte door condens en warmteverlies in de dakconstructie tegen te gaan. Detaillering is de functionele opbouw van het dak uit verschillende onderdelen en materialen. Aandachtspunten in de detaillering zijn voldoende ventilatie en het voorkomen van koudebruggen. Aanvullende informatie over materialen voor dakbedekking van EPDM of bitumen en de eigenschappen van deze materialen staan in de leereenheid **Kunststof en bitumen**. De eigenschappen van de verschillende isolatiematerialen staan in de leereenheid **Verf, glas en isolatie**.

6.1 Afschot

Het is belangrijk dat er geen water op een plat dak achterblijft. Water op het dak betekent namelijk een extra belasting op de constructie. Bovendien zijn waterplassen een verzamelplaats voor vervuiling en in de winter veroorzaakt bevroren water spanningen in de dakbedekking. Dus: hoe meer water op het dak, hoe groter de kans op problemen en lekkage. Zorg daarom voor een goede afvoer van het water. Aandachtspunten zijn:

- voldoende afschot om het water naar goten en verzamelpunten te laten lopen. Een constructie bouwen met afschot betekent dat de constructie niet helemaal vlak is, zodat die water kan afvoeren.
- voldoende regenwaterafvoer voor verdere afvoer van het water

Er zijn twee manieren om afschot aan te brengen:

- in de dakvloer of in de onderconstructie van het dak
- in de dakisolatie

Eigenlijk mag er dus geen water op een plat dak blijven staan. Bij het bepalen van de dakhelling van een plat dak moet je het afschot zo ontwerpen, dat het water altijd afvoert. Dat betekent dat je maatregelen in de constructie opneemt om de afvoer van water te garanderen.



Afbeelding 3 Afschotprobleem

6.2 Dakafwerking groene daken

Om het milieubewustzijn en het leefklimaat in stedelijke omgevingen te bevorderen, worden groene daken steeds meer toegepast. Dit gaat bijvoorbeeld om daken met een gras- of sedumbegroeiing. Ook kun je complete daktuinen op een plat dak aanbrenen. Natuurlijk heeft het groene dak invloed op de opbouw van de dakconstructie. Voordelen van groene daken zijn:

- extra isolatie: in de zomer hebben ze een verkoelend effect en in de winter een verwarmend effect op de binnentemperatuur
- ze houden meer water vast dan bitumen daken
- ze filteren giftige stoffen
- ze zorgen voor meer biodiversiteit in de stad en bevorderen het leefklimaat
- ze zijn geluiddempend
- ze beperken de invloeden van buitenaf en dragen hierdoor bij aan een langere levensduur van de onderliggende constructie



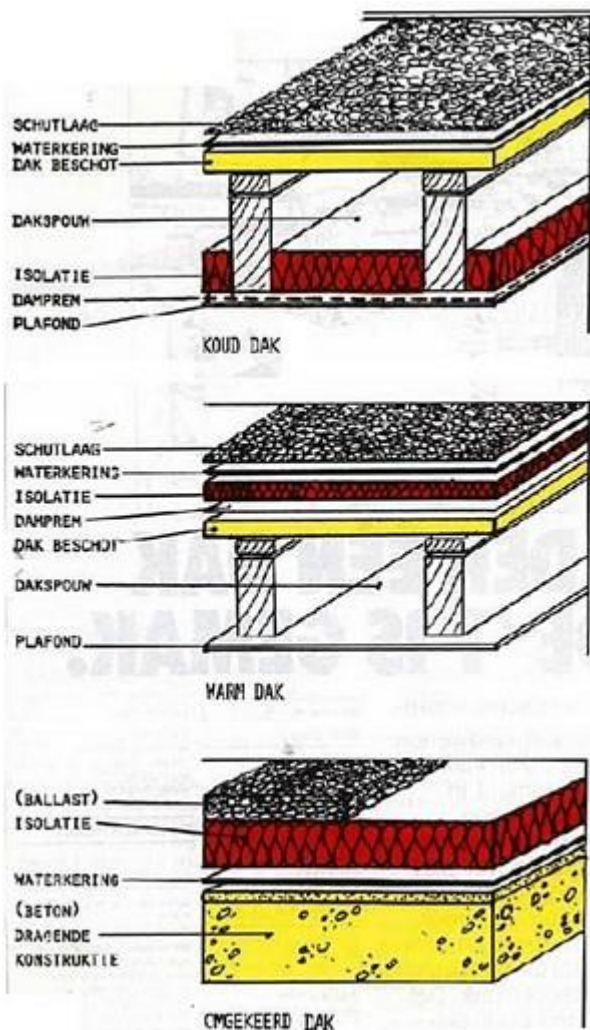
Afbeelding 4 Groen dak draagt bij tot een beter leefklimaat in een stadse omgeving

In de Verdieping komt het groene dak verder aan bod.

6.3 Opbouwconstructies

Platte daken hebben een houten, stalen of betonnen draagconstructie. Die draagconstructies kun je verder onderverdelen op basis van de plek waar de isolatie zit; in koude, warme en omgekeerde daken.

- Koud dak: isolatie onder
De dakconstructie ligt boven de isolatielaag. De buitentemperatuur heeft invloed op de constructie tussen de isolatie en de waterkerende laag.
- Warm dak: isolatie boven
De waterkerende laag ligt op de isolatielaag. De constructie en de spouw zitten onder de isolatie.
- Omgekeerd dak: isolatie ligt op de dakbedekking
Dit is een warm dak, waarbij de gehele constructie onder de isolatielaag zit. Een ballastlaag schermt deze laag af.

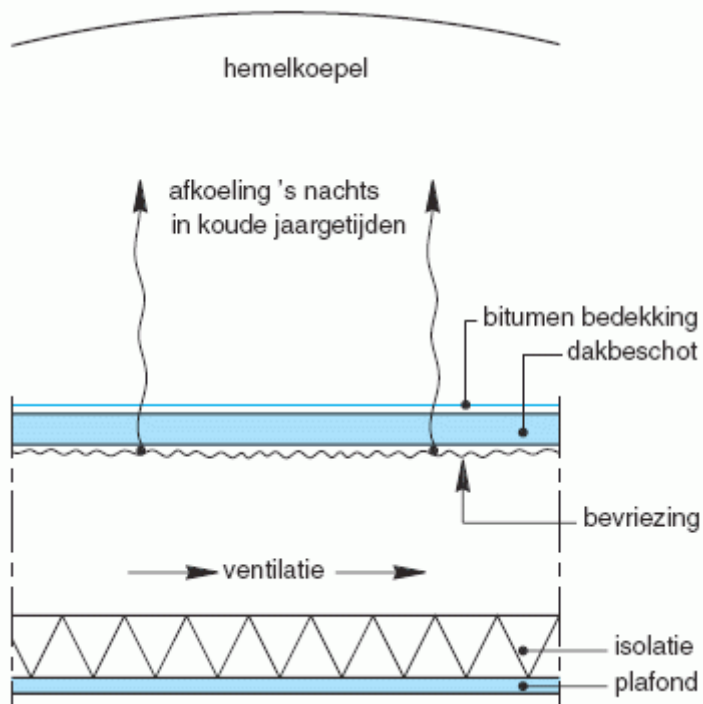


Afbeelding 5 Koud, warm en omgekeerd dak

Koud dak

Bij een koud dakconstructie zitten de spouw en de constructie direct onder de dakbedekking, ofwel dakhuid. De isolatielaag zit aan de onderkant van de constructie. De buitentemperatuur heeft hierdoor direct invloed op de spouw en de constructie. Toepassing van een koud dak vindt bijna niet meer plaats. Er gaat daarbij namelijk teveel energie verloren, en de condens geeft een te groot risico op vocht in de constructie. Dit ontstaat doordat de ventilatielucht in de constructie

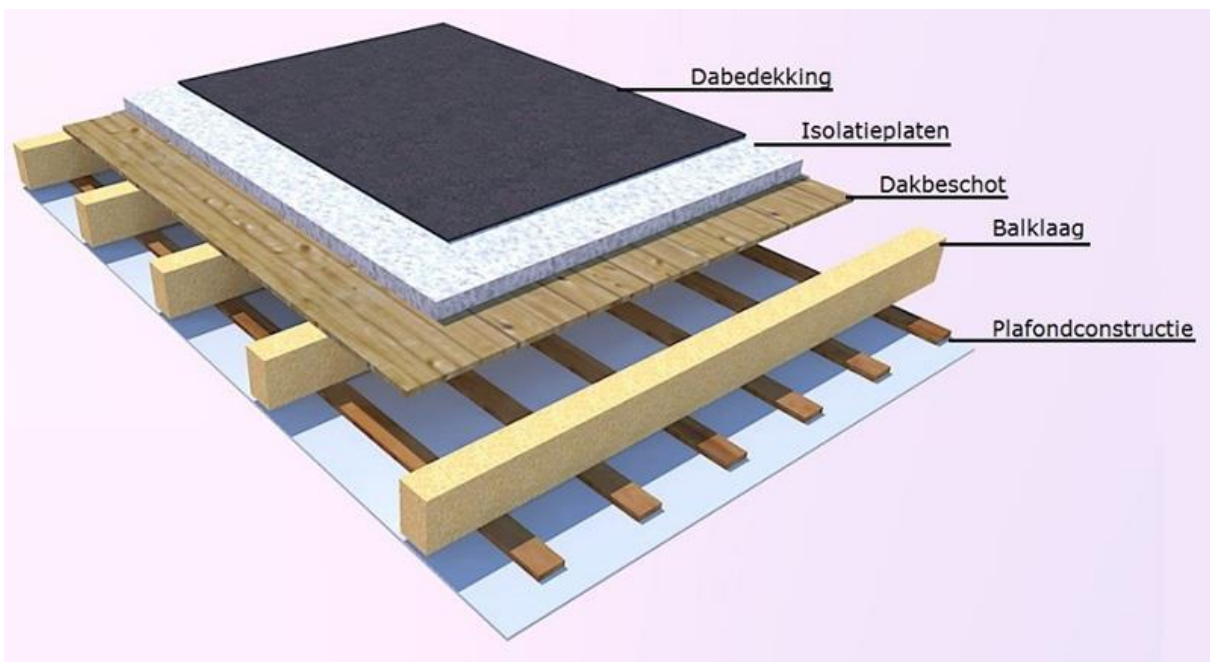
een hogere temperatuur heeft dan de dakhuid aan de buitenkant. Warmere lucht kan namelijk meer waterdamp bevatten dan koudere lucht. Bij een koud dakconstructie condenseert of bevriest de waterdamp in de luchtpouw tegen het koude dakbeschoot, wat vochtproblemen oplevert. De hele houten dakconstructie kan hierdoor schimmelen en verrotten.



Afbeelding 6 Koud dak

Warm dak

Bij een warm dakconstructie zit de isolatielaag aan de buitenkant van de gehele constructie. Hij ligt dus direct onder de waterkerende laag, direct onder de dakbedekking. Hierdoor is de temperatuur in de constructie gelijk aan de binnentemperatuur. Je voorkomt hiermee temperatuurspanningen in de constructie en het risico op condensatie. De toepassing van warme daken zie je veel in de nieuwbouw van woningen en utiliteitsbouw.



Afbeelding 7 Warm dak

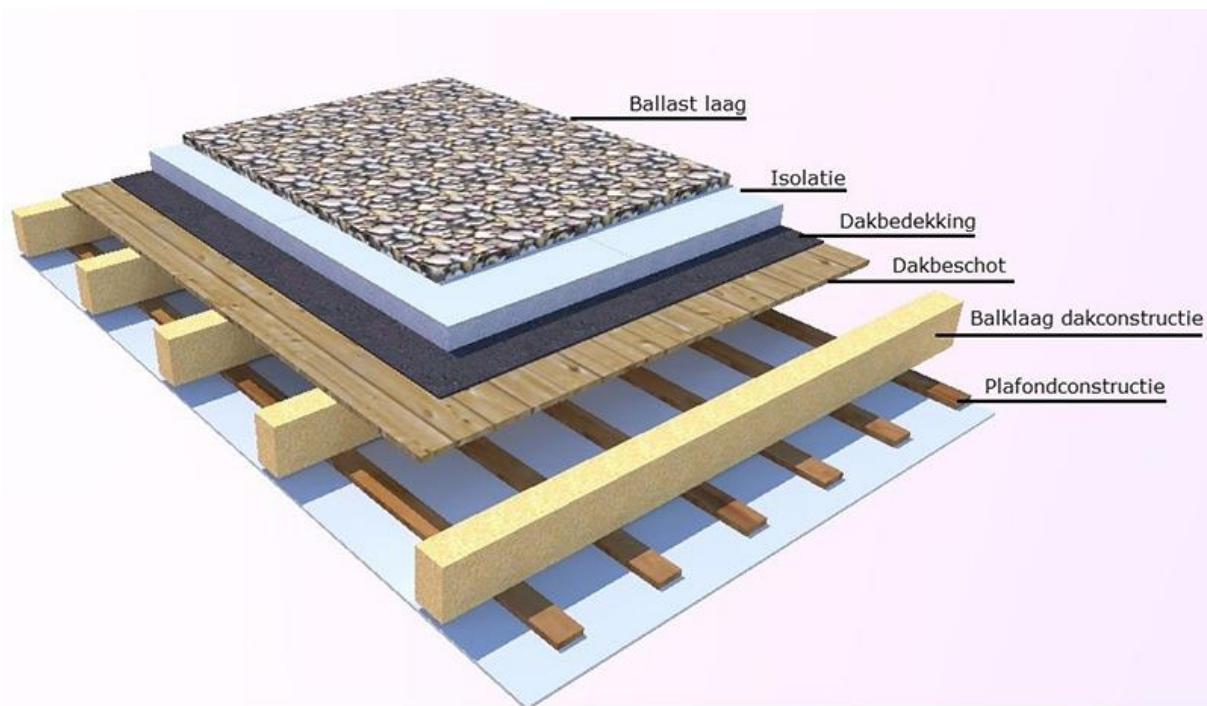
Omgekeerd dak

Een omgekeerd dak is een warm dakconstructie, maar dan met de isolatielaag bovenop de dakhuid. Het heet een omgekeerd dak, omdat isolatie en dakbedekking van plaats zijn gewisseld. In de bouwkundige opbouw van het dak zit de isolatie van een omgekeerd dak eigenlijk op de meest logische plek. Net als een jas is het de beschermlaag tegen kou en vocht. De hele warmte-isolerende laag zit aan de buitenkant en beschermt de constructie op deze manier tegen temperatuurinvloeden van buitenaf.

Het regen- en smeltwater stroomt bij een omgekeerd dak op en onder de isolatieplaat weg. Daarom moet de isolatie water- en vochtbestendig zijn. Ook moet je ruimte onder de isolatieplaat aanbrengen, zodat het water daar onderdoor kan weglopen. Daarom gelden er speciale eisen voor het isolatiemateriaal:

- de onder- en bovenkant van de platen mogen geen vocht opnemen
- geen aantasting door vorst
- geen aantasting door micro-organismen of bacteriën

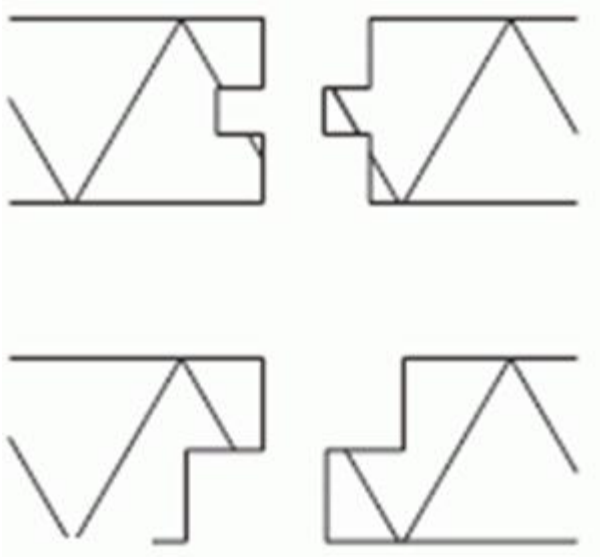
Ook moet het isolatiemateriaal bestand zijn tegen weersinvloeden. Voorbeelden van zulk isolatiemateriaal zijn geëxtrudeerd PS-schuim, steenwol en PUR-schuim.



Afbeelding 8 Omgekeerd dak

Nadelen

De isolatieplaten dek je af met een ballastlaag van tegels of grind. Die beschermen de platen tegen UV-straling en zorgen dat ze niet opwaaien. De extra belasting van die ballastlaag kan oplopen tot 750-1200N/m². Dit vereist een zware draagconstructie, wat op stalen en houten daken vaak niet mogelijk is. Ook de afvoer van regenwater over de isolatieplaten kan de isolatiewaarde negatief beïnvloeden. Om geen warmteverliezen door de naden van de isolatieplaten te krijgen, breng je de platen met speciale verbindingen aan, zoals platen met inkepingen waardoor je ze beter in elkaar kunt passen. Hierdoor kan het water niet verder indringen.



Afbeelding 9 Naden van isolatieplaten

6.4 Materialen

De draagconstructie van een plat dak bestaat uit hout, beton of staal. De belasting, de overspanning en de functie van het gebouw bepalen de opbouw van de draagconstructie.

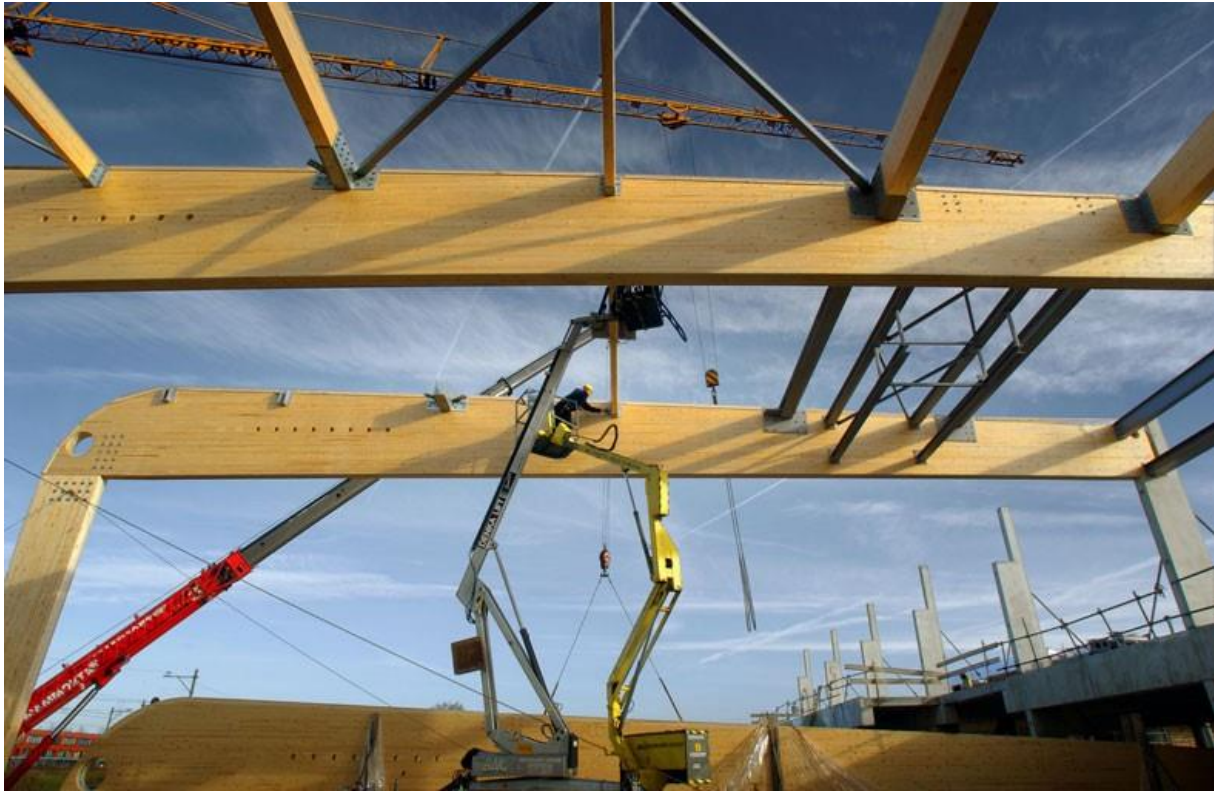
Hout

De houten draagconstructie bestaat uit een houten balk, een gelamineerde ligger of een houten vakwerkligger.



Afbeelding 10 Eenvoudige balklaag

Die houten balk of balkenlaag komt vaak boven kleinere overspanningen, zoals carports, bergingen en garages. De belasting op de balk en de hart-op-hart afstand bepalen de hoogte en breedte van de houten balk. Er is geen voorgeschreven maat voor de onderlinge hoh-afstand: je kunt bij dezelfde overspanning met een relatief lichte balk en hoh-afstand van 35 cm dezelfde draagkracht creëren als met een zware balklaag en een hoh-afstand van 70 centimeter. Er is een makkelijke formule waarbij je met de overspanning de hoogtemaat van de balk kunt berekenen. De standaard houtmaat van de balk bepaalt dan de breedte:
minimale balkhoogte in mm = $1/20 \times$ overspanning.



Afbeelding 11 Gelamineerde liggers

Bij grotere overspanningen gebruik je gelamineerde liggers of vakwerkliggers, zoals in fabrieks- of sporthallen. Gelamineerde liggers pas je toe als de overspanning voor een enkele balk te groot wordt en de belasting te hoog, als de afstand tussen de balken 4-6 meter is bijvoorbeeld. Voor extreem grote overspanningen pas je vakwerkliggers toe. Deze liggers bestaan uit driehoeken en de constructie is vormvast. Meer informatie over de berekeningen van vakwerkspanten staat in de leereenheid **Vakwerkconstructies**.



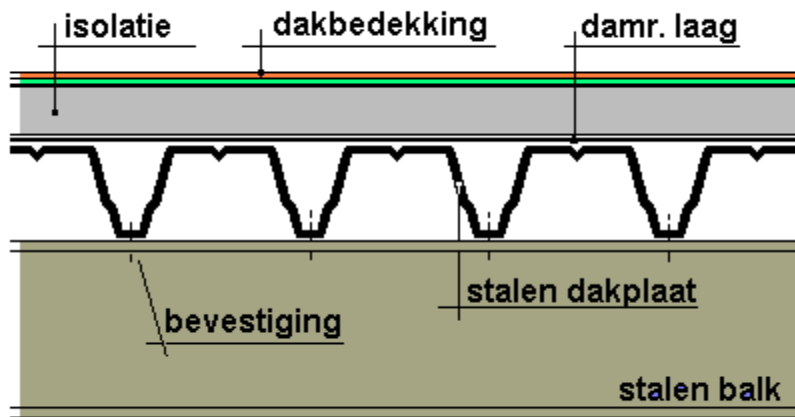
Afbeelding 12 Vakwerkliggers

Beton

Een draagconstructie van beton bestaat uit een betonbalk of voorgespannen betonligger. Zulke draagconstructies zitten vaak in systeem-, montage- en betonskeletbouw, vooral bij grote woningbouwcomplexen en utiliteitsbouw. Op die betonnen draagconstructie ligt een dakafwerking van een betonplaat met een dampremmende folie en isolatielaag. Daarover breng je de dakafwerking aan. Het voordeel van deze platen is de snelle bouwwijze. Een groot nadeel is het hoge eigen gewicht van de betonplaten.

Staal

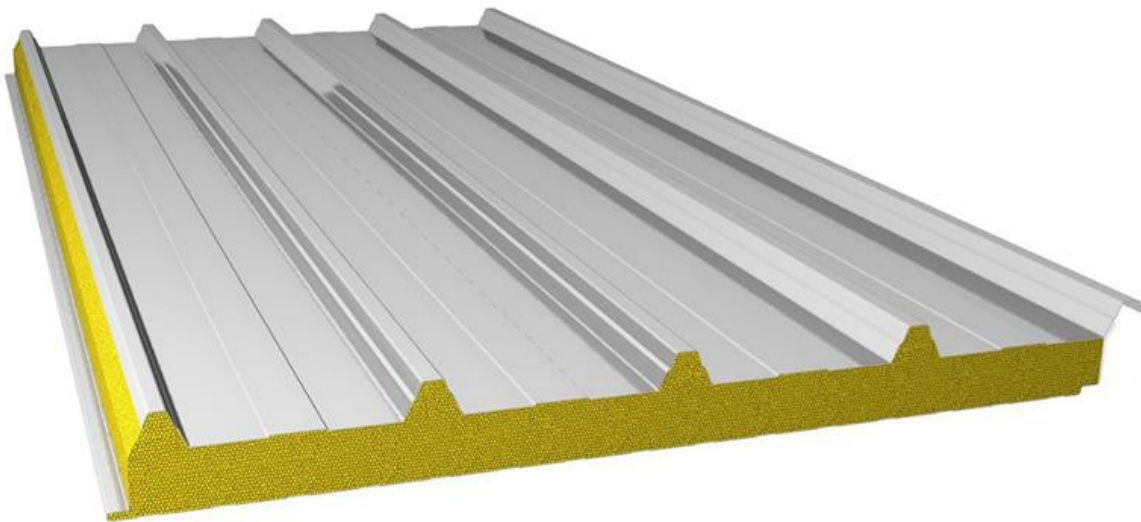
Je kunt een stalen dakconstructie toepassen op een draagconstructie van hout en van staal. Deze constructie zit vaak in industriële gebouwen. Vaak wordt een dakvloer van staal gecombineerd met een draagconstructie van staal. De dakvloer is dan meestal een geprofileerde staalplaat. Die staalplaat breng je aan op stalen balken of stalen gordingen. Bij een warm dakconstructie breng je de isolatielaag boven de stalen dakvloer aan. Tussen dakvloer en isolatie komt de dampremmende laag.



Afbeelding 13 Principe staaldak - doorsnede

Sandwichpanelen

Daken met stalen of aluminium sandwichpanelen worden vaak toegepast bij industrieel flexibel en demontabel bouwen (IFD-bouwen). De panelen bestaan uit een gecoate binnen- en buitenplaat van staal of aluminium, met een isolatieplaat er tussenin. Deze opbouw zorgt voor een stijf geheel met een hoge isolatiewaarde. Met sandwichpanelen is een hoge bouwsnelheid mogelijk. Daarom komen ze veel voor in de utiliteits- en woningbouw.



Afbeelding 14 Voorbeeld van een aluminium sandwichpaneel

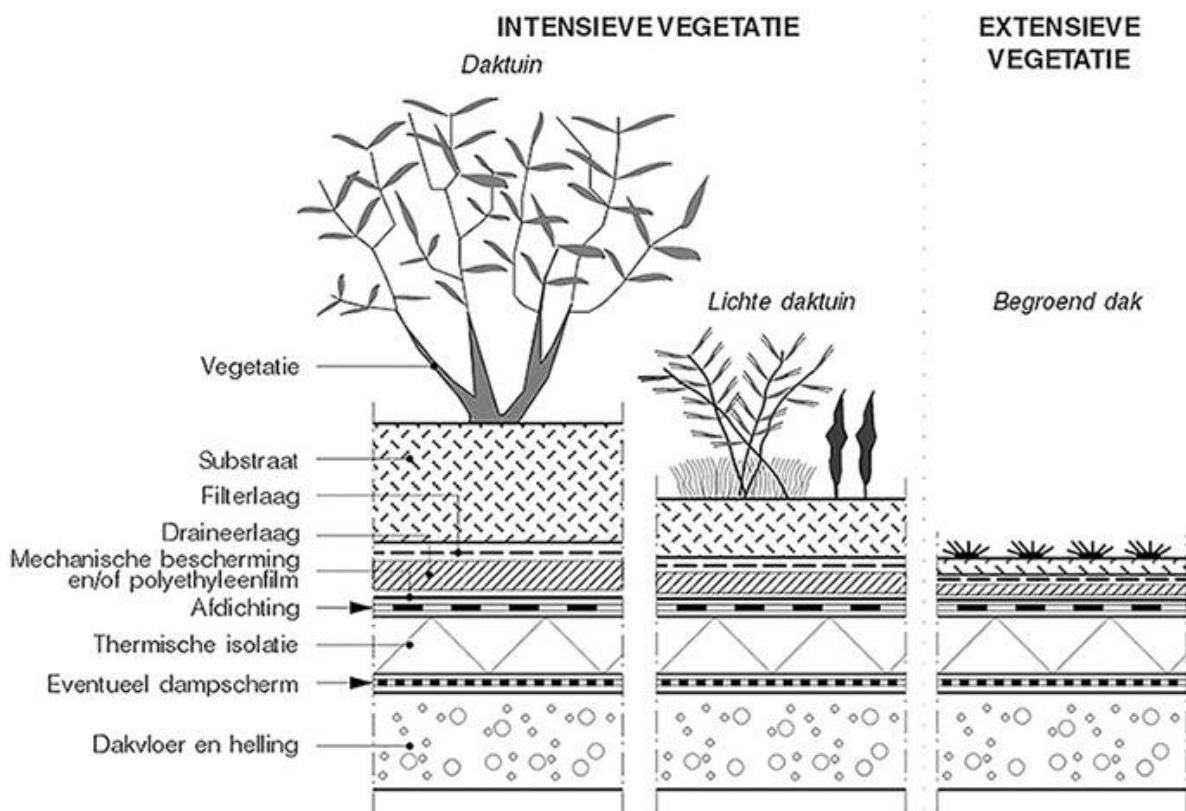
6.5 Bijzondere daken

Bijzondere daken hebben naast hun functie van afdekking een tweede functie. Een daarvan is het groen dak. Deze is in de Kern van deze leereenheid al aan bod gekomen. Andere bijzondere platte daken zijn het parkeerdak en het dakterras. Door de extra functie hebben dit soort daken een andere opbouw dan traditionele daken die het bouwwerk alleen beschermen.

Groen dak

Een groen dak is vaak opgebouwd als omgekeerd dak. Daarnaast breng je op deze constructie de volgende onderdelen aan:

- wortelkerende beschermlaag: een kunststof laag die voorkomt dat wortels door de isolatielaag groeien.
- drainagelaag met waterreservoir, om het overtollig water af te voeren en eventueel water op te slaan. Vaak is die laag een soort golfplaat met gaatjes.
- filterlaag: een filterdoek zorgt dat mineralen niet met het regenwater wegstromen. Die mineralen zijn namelijk voedingsstoffen voor de beplanting. Het doek laat alleen water door, houdt de voedingsstoffen vast in het onderliggende substraat en zorgt dat de drainagelaag niet verstopt raakt.
- substraat: de laag met voedsel- en watervoorziening voor de planten. Hierin komt de beplanting.
- beplanting



Afbeelding 28 Opbouw van een groen dak

7 Hellend dak

Een hellend dak heet ook wel een schuin dak. Het belangrijkste doel van het hellend dak is afsluiting van het bouwwerk en bescherming ervan tegen invloeden van buitenaf, net als bij een plat dak. Het verschil met een plat dak is dat een hellend dak niet horizontaal ligt, maar onder een hoek naar beneden loopt. De combinatie van de vorm en helling van het hellend dak bepaalt grotendeels het uiterlijk van het bouwwerk. Hierin zijn veel keuzes mogelijk. Daarnaast bepalen de keuze voor wel of geen overstek, het gootmateriaal en het gootmodel de uitstraling van de totale woning, evenals de keuze voor dakkapel, dakraam, schoorsteen of zonnepaneel.



Afbeelding 1 Hellend dak

Een andere naam voor helling is schuinite, een andere naam voor hellend dak is dus schuin dak. Niet ieder dak met een helling is een hellend dak: pas als de helling van de dakvlakken groter is dan 15° , beschouw je het als hellend dak. Een groot voordeel van een hellend dak in vergelijking met een plat dak of een dak met lichte helling, is dat je een steil dak makkelijker waterdicht kunt maken: het voert het regenwater sneller af en ondervindt minder sneeuwbelasting. Een nadeel is dat een hellend dak gevoeliger is voor windbelasting door windzuiging over de dakvlakken. Dit stelt eisen aan de bevestiging van het dak op de onderliggende constructie en aan de bevestiging van de materialen op het dak. Het ontwerp, de uitstraling en het materiaal bepalen de constructie en de helling. Sommige materialen, zoals een schubvormige dakbedekking met dakpannen, kun je alleen op een dak met een grotere helling dan 15° toepassen. En een leien dakbedekking moet een schuinere helling hebben dan bijvoorbeeld een dak van golfplaten.



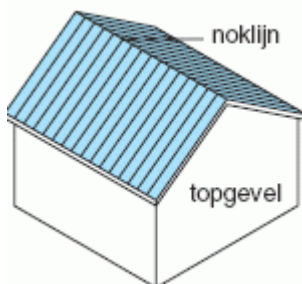
Afbeelding 2 Hellende dakvlakken

7.1 Dakvormen

De plattegrond geeft aan hoe het bouwwerk er van bovenaf uitziet. Met de gegevens van de plattegrond weet je wat de omvang en vorm van de onderliggende ruimte zijn. Die gegevens heb je nodig om de vorm van het dak te bepalen. Ook het soort dakbedekking en esthetische eisen hebben invloed op die vorm. Esthetische eisen zijn eisen aan de schoonheid. Een plat dak heeft maar twee vormen: plat of licht hellend. Maar een hellend dak heeft veel verschillende vormen, uiteenlopend van eenvoudig tot complex. Een ander voordeel van een hellend dak ten opzichte van een plat dak is de extra ruimte onder het dak, die de mogelijkheid geeft van bergruimte of uitbreiding van de woning.

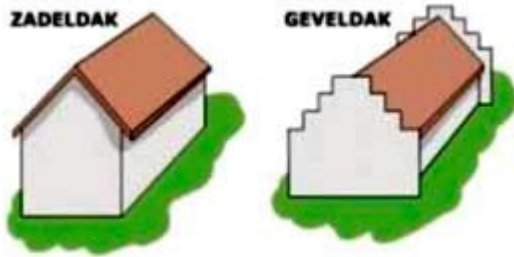
Zadeldak

Het zadeldak komt het meest voor. Dit dak bestaat uit twee dakvlakken. Die dakvlakken lopen vanaf twee tegenoverliggende gevels schuin naar boven, en komen bovenaan tegen elkaar, bij de nok. De punten in het metselwerk die haaks op het dakvlak liggen, zijn de topgevels.



Afbeelding 3 Zadeldak

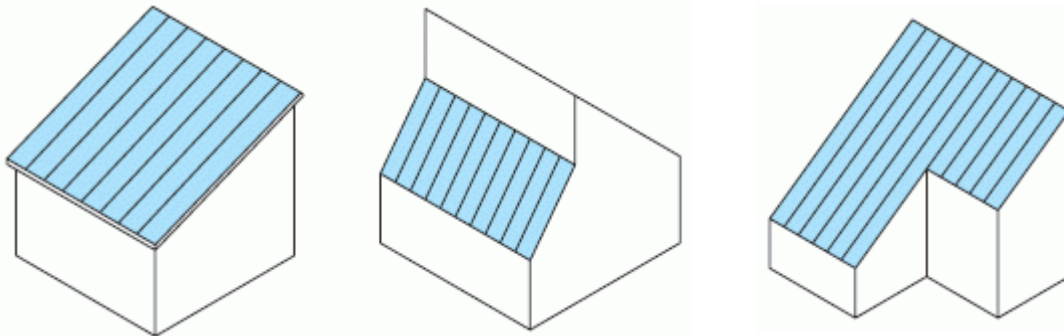
Een variant op het zadeldak is het geveldak. Het zadeldak loopt over de topgevels heen. In plaats daarvan liggen de dakvlakken van het geveldak tussen beide topgevels.



Afbeelding 4 Zadeldak en geveldak

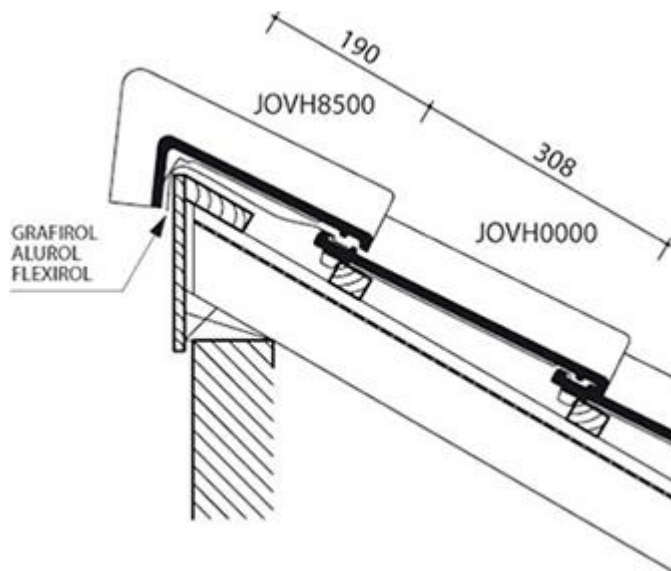
Lessenaarsdak

Het dakvlak van het lessenaarsdak loopt naar één kant af. Op één dak kun je meerdere lessenaarsdaken combineren, zie afbeelding. Meestal heeft dit dak dezelfde randafwerking als een plat dak.



Afbeelding 5 Verschillende mogelijkheden lessenaarsdak

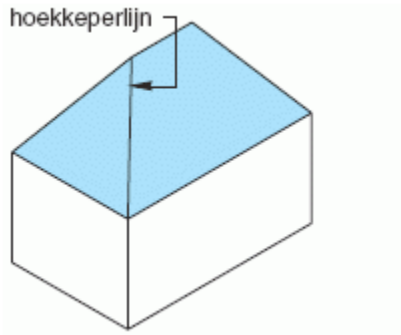
Bij de nok plaats je een lessenaarspan, zie afbeelding hieronder.



Afbeelding 6 Nokbeëindiging met lessenaarspan

Schilddak

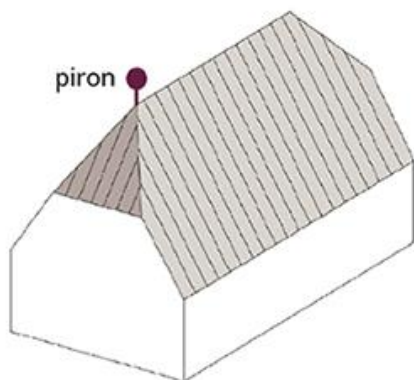
Een schilddak bestaat uit vier dakvlakken. Een korte noklijn verbindt de vlakken. De hoekkeper is de hoeklijn waar die dakvlakken elkaar ontmoeten. Meer informatie over daken met hoekkeper staat in de Verdieping.



Afbeelding 7 Schilddak met hoekkeper

Wolfsdak

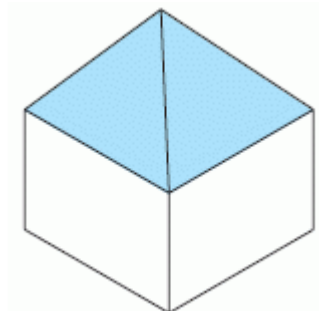
Een wolfsdak heeft een wolfseind. Hierbij is de topgevel van het zadeldak afgeschuind, zodat daar een schuin dakvlakje ontstaat.



Afbeelding 8 Dak met wolfseind

Tentdak

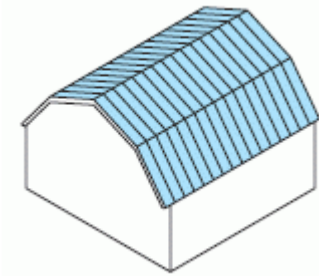
Bij een tentdak komen alle dakvlakken en hoekkepers in één punt samen. Het tentdak heeft dus geen noklijn. Een steil tentdak heet een torendak of puntdak, dat op veel kerktorens ligt.



Afbeelding 9 Tentdak

Mansardedak

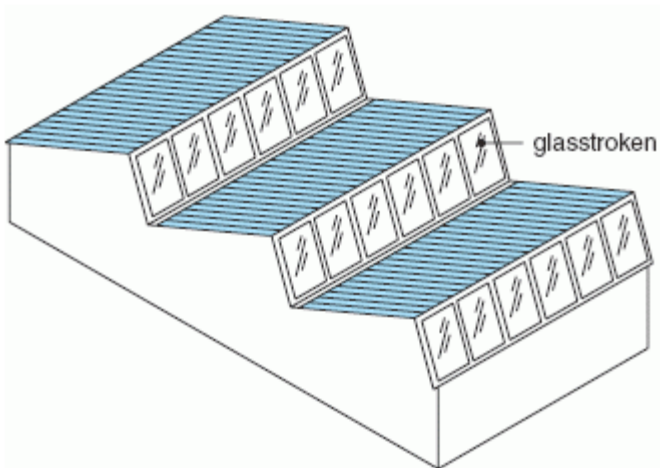
Een mansardedak is een zadeldak met geknikte dakvlakken. Een voordeel van deze dakvorm is dat hij meer ruimte op zolder geeft.



Afbeelding 10 Mansardedak

Zaagdak

Het zaagdak, ofwel sheddak, stel je samen uit dakschilden met verschillende hellingen. Dit dak ligt vaak op langwerpige bouwwerken, zoals fabriekshallen. Vaak pas je in de steilere dakvlakken glasstroken toe. Die steilere dakvlakken met glas komen dan aan de noordkant, zodat er meer zon van de zuidkant door het glas naar binnen komt.



Afbeelding 11 Zaag- ofwel sheddak

Samengestelde daken

Samengestelde daken pas je toe op plattegronden van een samengesteld bouwwerk, bijvoorbeeld plattegronden van bouwdelen die haaks op elkaar staan. De dakvlakken bestaan uit twee of meer dakvormen. Bij een inwendige hoek in het bouwwerk krijgen ook de ontmoetende dakvlakken daarboven een inwendige hoek: een kilkeperconstructie.

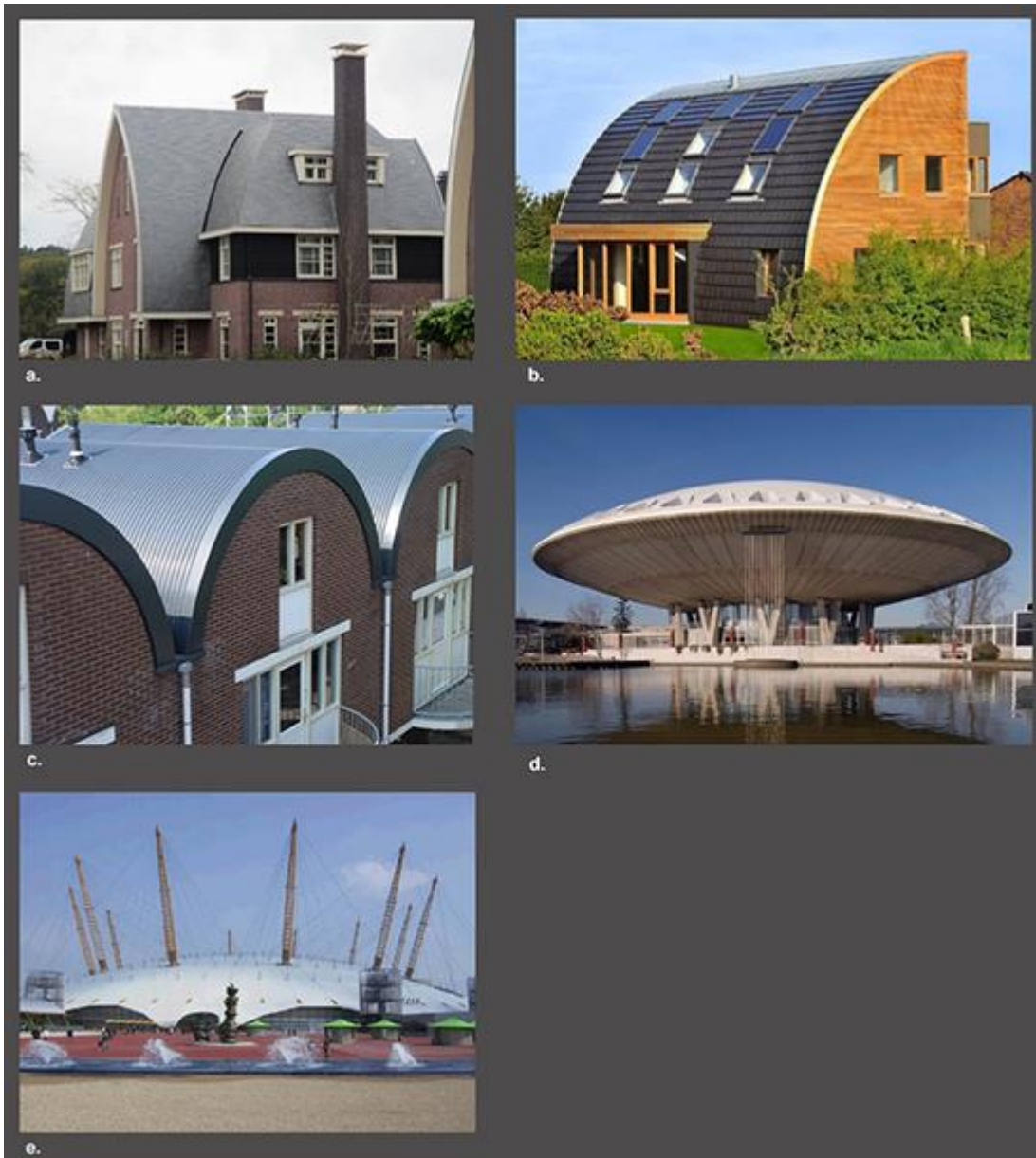


Afbeelding 12 Samengesteld dak

Overige dakvormen

Veel dakvormen zijn variaties op het zadeldak. Daarnaast zijn er ook andere dakvormen mogelijk, zoals:

- daken met ronde dakvorm
- koepeldaken
- schaaldaken ofwel gebogen daken
- tongewelddaken met de vorm van een tongewelf
- hangdaken, waarbij het dakvlak aan een constructie hangt

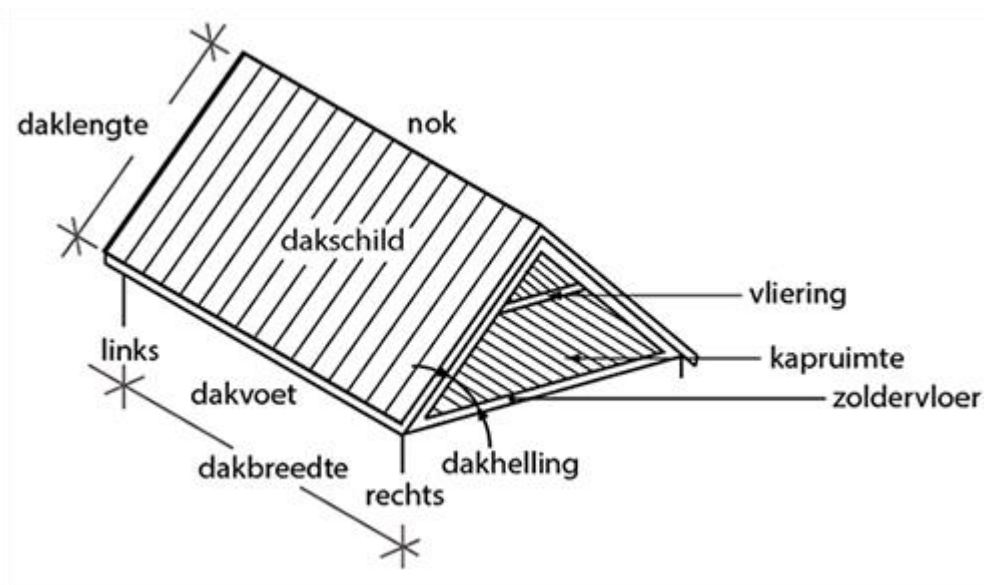


Afbeelding 13 Bijzondere dakvormen: a. ellipsvormigdak, b. halfronddak, c. rond dak, d. koepeldak Evoluon (Eindhoven), e. hangdak Millennium Dome (Londen)

7.2 Dakconstructies

Een dak bestaat uit twee delen: het afsluitende deel en het dragende deel. Het afsluitende deel is de buitenschil, de dakbedekking dus. Het dragende deel is de kap of kapconstructie. Dit is het geheel van constructieve onderdelen, met hulpconstructies zonder dakbedekking. De meest eenvoudige vorm van een hellend dak is het zadeldak. Dit bestaat uit de volgende onderdelen:

- Nok
Bovenste horizontale lijn, waar twee tegenoverliggende dakvlakken elkaar raken.
- Dakschild
Afzonderlijk dakvlak
- Dakvoet
De horizontale lijn aan de onderkant van het dakvlak. Daar komt het dak bij de gevel. Vaak zit daar de goot.
- Daklengte
Kortste afstand tussen nok en dakvoet.
- Dakbreedte
Afstand tussen linkerkant en rechterkant van het dakvlak, gemeten langs de langsgevel.
- Dakhelling
Hoek tussen dakvlak en horizontale lijn.
- Kapruimte
Ruimte onder de kap.
- Vliering
Extra tussenvloer in de kapruimte, tussen de spanten of gordingen.
- Raveling
Extra balken die je aanbrengt voor versterking in de balkconstructie als je een onderbreking maakt in een dragende balk, bijvoorbeeld voor de opening waarin een dakraam, dakkapel of schoorsteen komt. De uitleg van raveling staat ook in de leereenheid Plat dak.

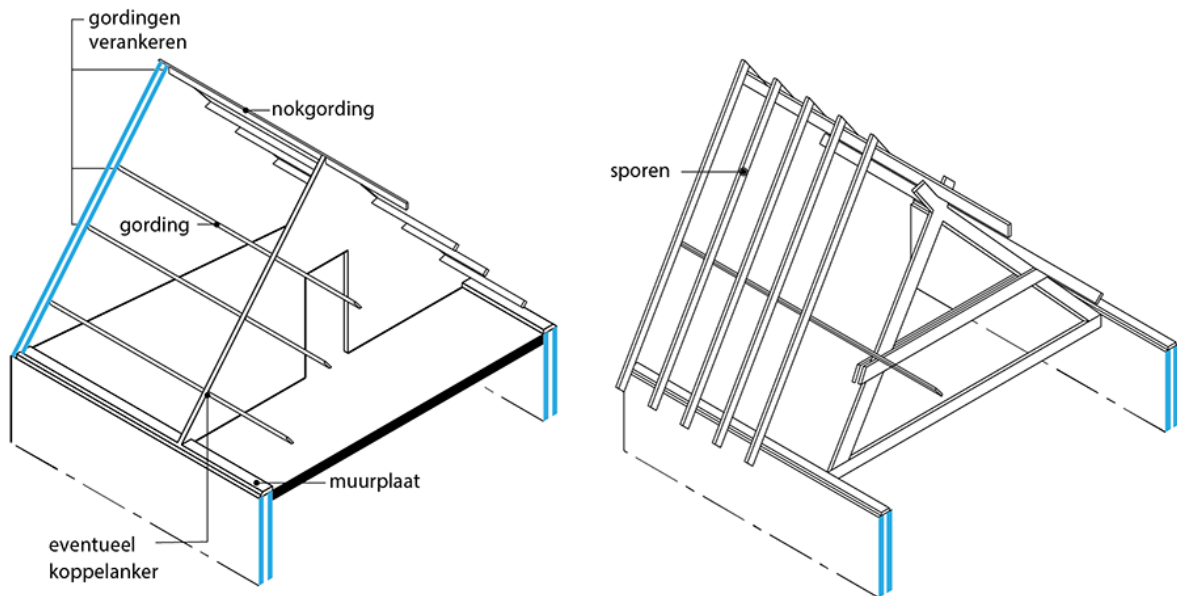


Afbeelding 14 Benamingen hellend dak

Kapconstructies

Er zijn verschillende kapconstructies voor verschillende dakvormen. De overspanning, soort dakbedekking en constructieve opbouw bepalen hoe je de constructie uitvoert. Je kunt kapconstructies onderverdelen in:

- gordingkap
- sporenkap
- combinatie van beide



Afbeelding 15 Schematisch voorbeeld van een gordingkap (links) en een sporenkap (rechts)

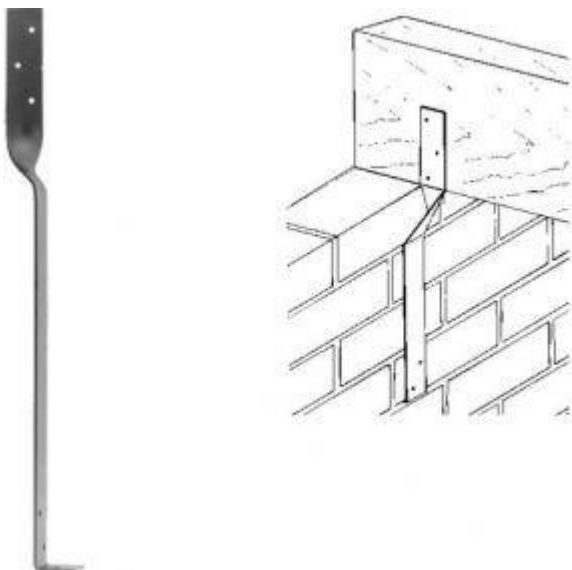
Gordingkap

Je bouwt een gordingkap op met gordingen: draagbalken die de hele dakconstructie van dakplaten, tengellatten, panlatten en pannen dragen. Vaak lopen ze van muur tot muur, evenwijdig aan de goot. Op die gordingen liggen geïsoleerde dakplaten en dakpannen. Tussenmuren of spanten ondersteunen de gordingen. Daarom leg je de gordingen op in de topgevels.



Afbeelding 16 Gordingen opgelegd op tussenmuur en topgevel

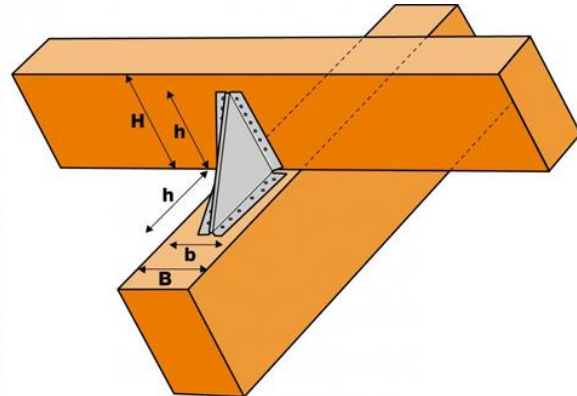
Bij de eindoplegging in de topgevel veranker je de gording aan de gevel. Dat kan met verschillende bevestigingsmiddelen, zoals haakankers, balkdragers en opwaaiankers.



Afbeelding 17 Voorbeeld van een haak- ofwel opwaaianker

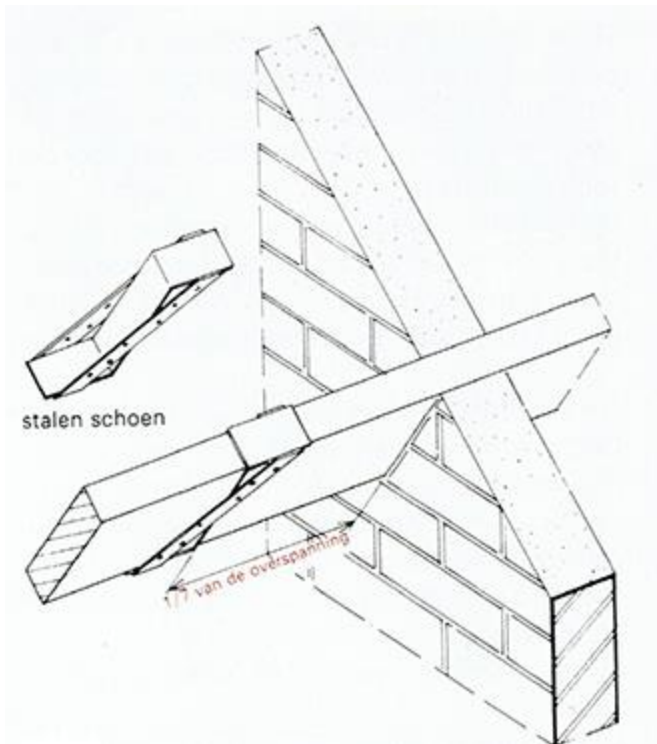
Als het bouwwerk geen tussenmuur heeft, ondersteun je de gordingen met een spant. De uitleg van het spant staat iets verderop in deze leereenheid. Je kunt een gording op twee manieren aan de spanten bevestigen:

- Tussen de spanten
Vaak zitten de gordingen tussen de spanten, zie afbeelding. In dat geval bevestig je ze met een gordinganker aan het spant.
- Over de spanten
Als de gordingen over de spanten liggen, bevestig je ze met een gordingklos van hout of staal, zie afbeelding hieronder. Die gordingklos ondersteunt de gording en voorkomt dat ze afschuift.



Afbeelding 18 Gordingen opgelegd: tussen de spanten en bevestigd met een gordinganker (links) en op het spant en bevestigd met een gordingklos (rechts)

De maximaal verkrijgbare lengte van een gording is meestal 6 meter. Als je een langere gording maakt, verleng je haar met een gordingschoen: een anker waar je aan beide kanten een uiteinde van de gordingbalk in legt.

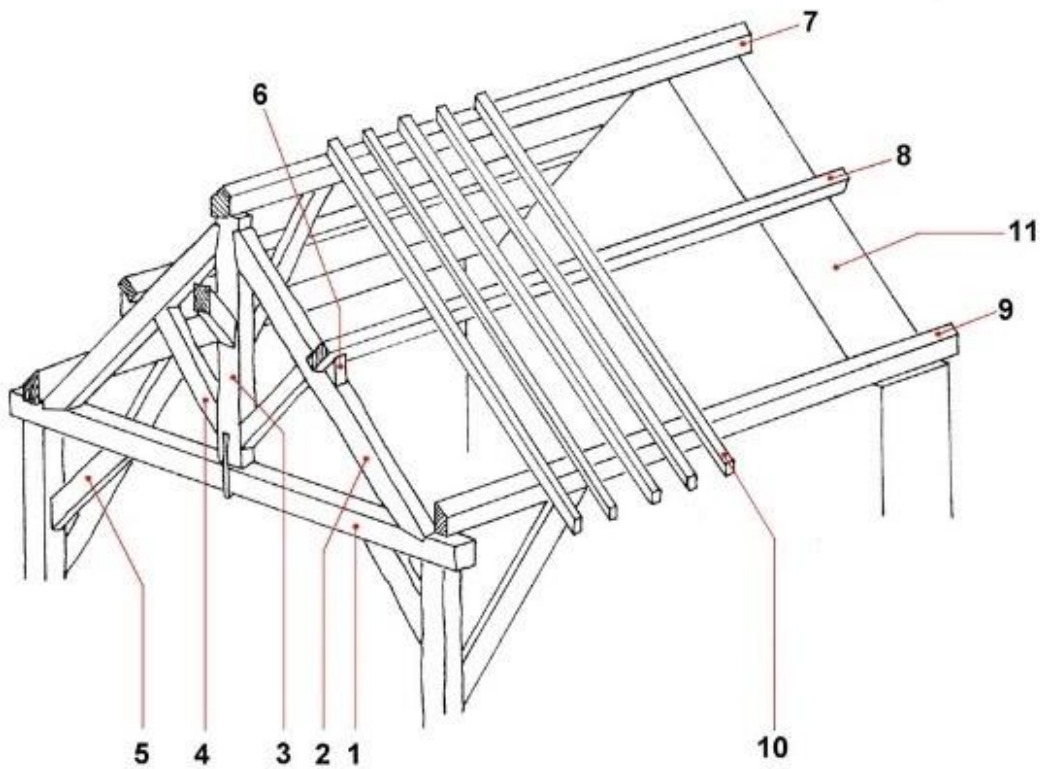


Afbeelding 19 Schematisch voorbeeld van een stalen gordingschoen

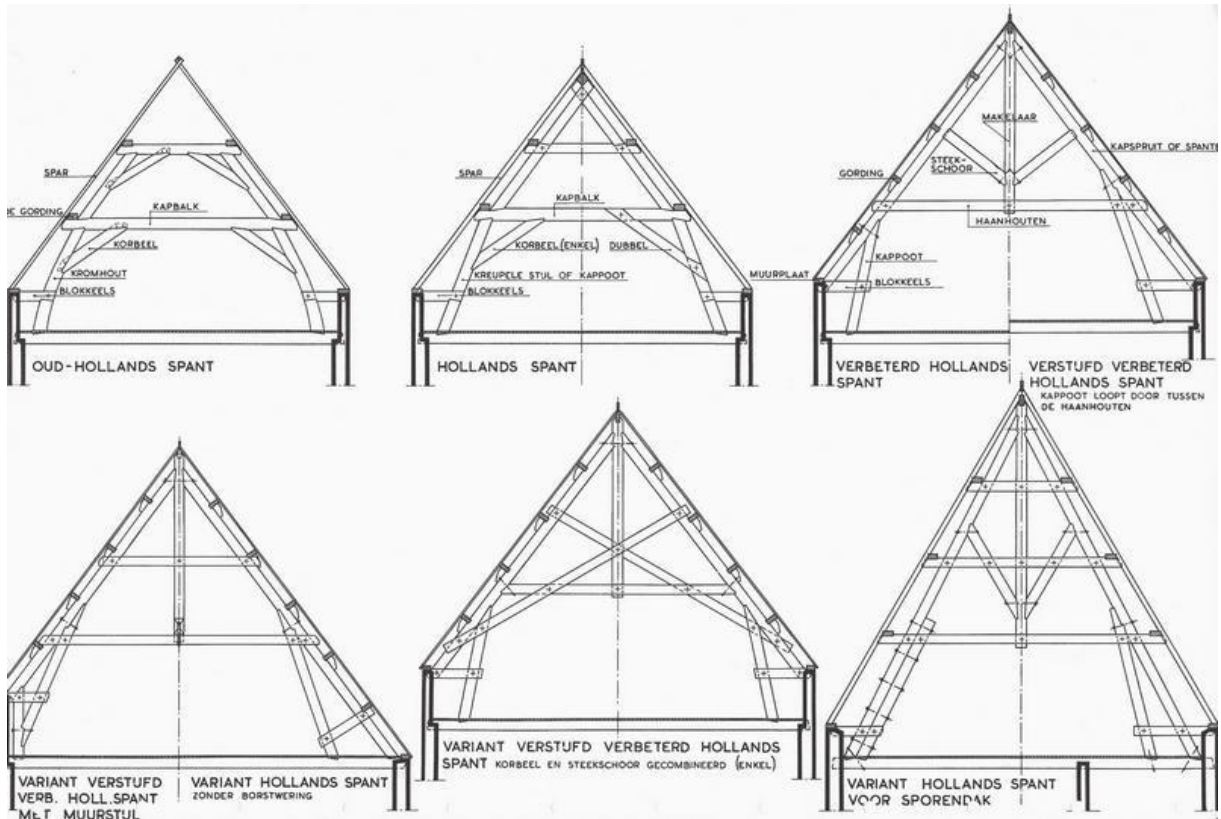
Om te weten hoeveel gordingen je in een dakvlak nodig hebt moet je weten hoe groot de hart-op-hart afstand tussen de gordingen is. De dakhelling, het gewicht van de dakplaten en de dakbedekking bepalen hoe groot die hart-op-hart afstand moet zijn. Je berekent de minimale hoogte van de gordingbalk net als bij een plat dak: minimale balkhoogte in mm = $1/20 \times$ overspanning.

Sporenkap

De sporenkap is een draagconstructie van een verticale rij balken die vanaf de dakvoet tot aan de nok lopen. Die verticale balken heten sporen. Ze liggen dus niet horizontaal zoals de gordingbalken, maar lopen schuin omhoog in de schuinte van de dakhelling. De balken in een sporenkap liggen vaak dicht bij elkaar dan de horizontale balken in de gordingkap. Daarom zijn de sporen vaak minder dik en breed dan gordingbalken. Bij een lange dakhelling komt onder de sporen een lichte uitvoering van een gording.



Afbeelding 20 Sporenkap met gordingen



Afbeelding 21 Verschillende houten spanten

Spanten

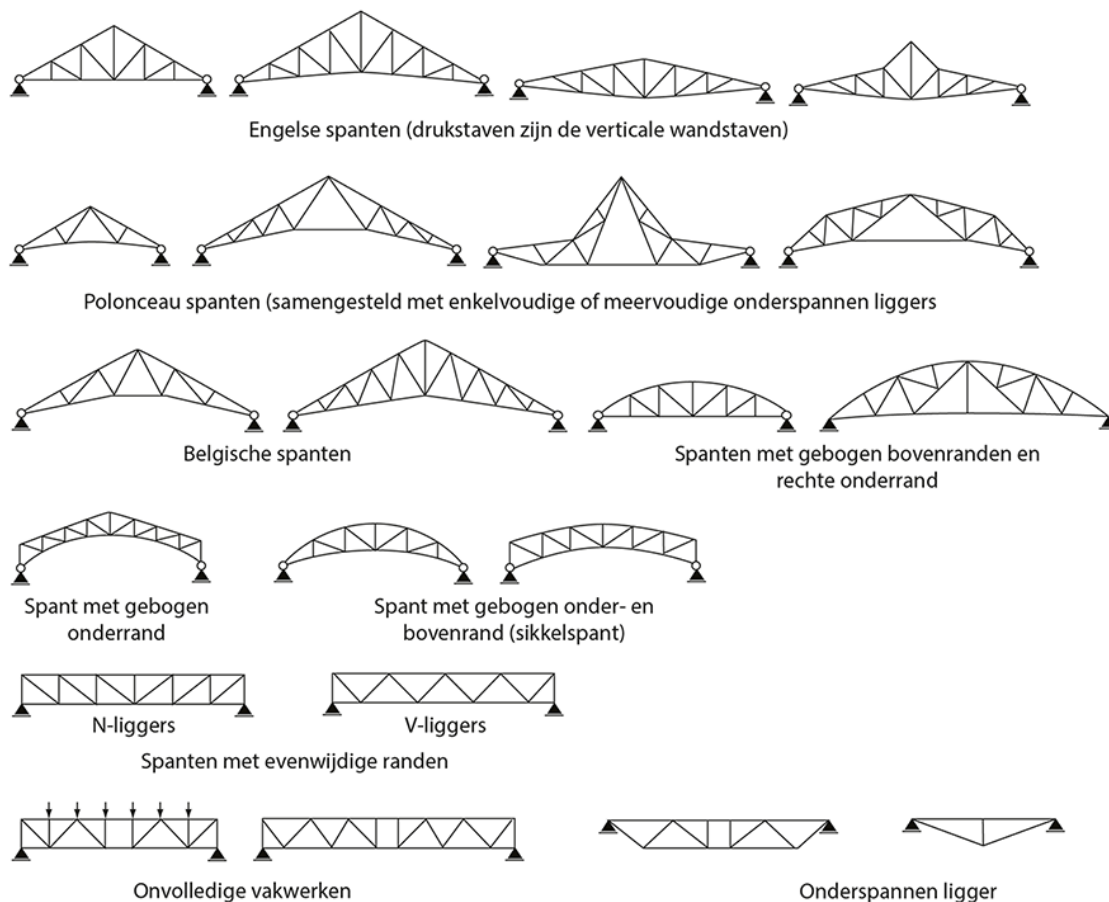
Spanten geven extra ondersteuning aan de kapconstructie. Ze bestaan uit hout of staal. Er zijn veel verschillende soorten spantconstructies. Op de afbeelding hieronder staan verschillende soorten houten spanten met de benamingen van de onderdelen waaruit ze bestaan.



Afbeelding 22 Stalen dakspanten

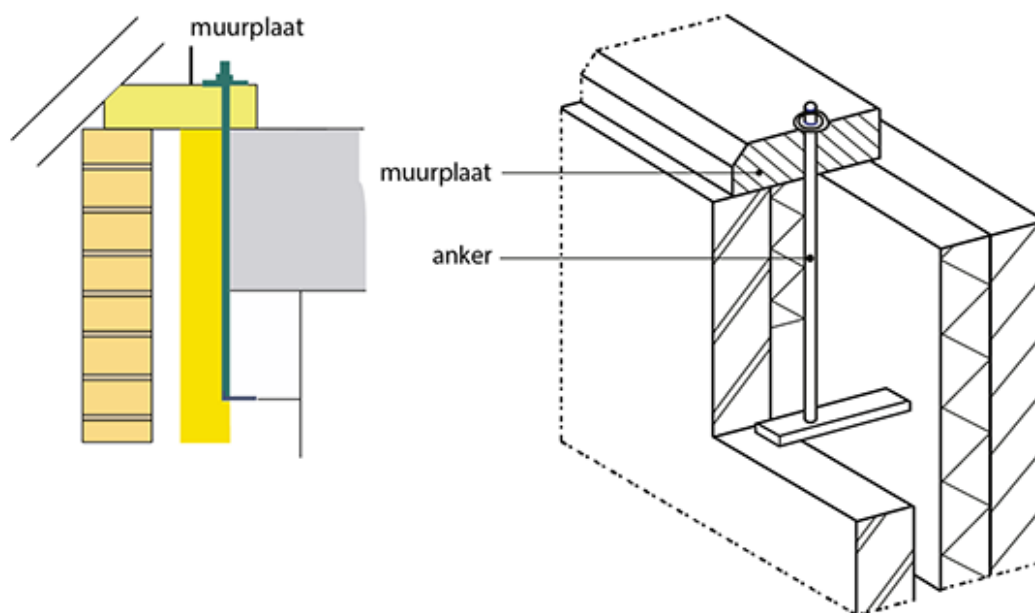
In de meer seriematige woningbouw is het spant vaak onderdeel van een totale prefab kapconstructie. Dit houdt in dat de totale kapopbouw al in een fabriek pasklaar is gemaakt en in het geheel op de bouwplaats wordt geplaatst. Naast houten spanten pas je tegenwoordig vaak

ook stalen spanten toe, zie afbeelding hieronder.



Afbeelding 23 Verschillende modellen vakwerkspanten

Bij grote overspanningen gebruik je gelamineerde spanten of vakwerkspanten. Deze spanten staan beschreven in de leereenheid **Plat dak**. Hieronder staan enkele voorbeelden van hellende daken met vakwerkspanten. Deze kun je van hout of staal maken.



Afbeelding 24 Muurplaat met muurplaatanker

7.3 Aansluitingen

Op de plekken waar de dakvlakken andere onderdelen van het bouwwerk ontmoeten, maak je een deugdelijke aansluiting. Bij de ontmoeting tussen muur en dakvoet is dit de muurplaat aansluiting, bij de nok de nokaansluiting en bij de topgevels is dit de gevelaansluiting.

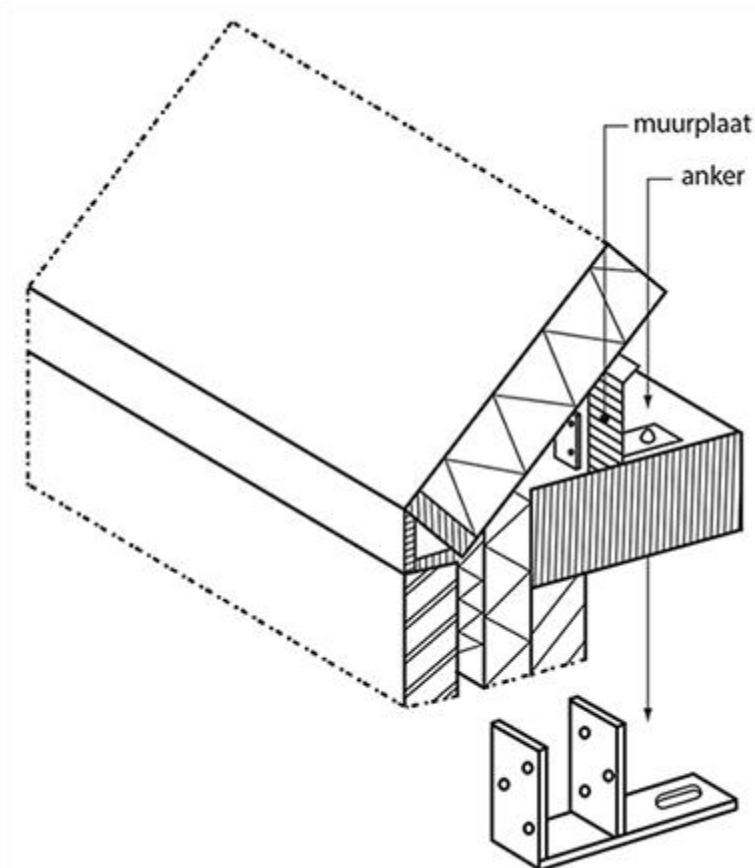
Muurplaat aansluiting

De muurplaat aansluiting is een balk die plat op de muur komt. Hiermee veranker je het dak aan de muur. Op de muurplaat bevestig je de volgende onderdelen:

- gootbeugel
- onderkant van de sporen
- dakbeschot: dakplaten die je op de gordingen of sporen legt. Hierop komen de dakpannen. Vaak is dit een compleet dakelement met houten beplating aan de onderkant, waarop de isolatieplaten, dampremmende folie, tengellatten en panlatten zitten.

Je verankert de muurplaat met muurplaatankers. Die ankers bevestig je in het binnenspouwblad en laat je door de spouw heen lopen. Het anker moet ver genoeg boven het binnenspouwblad uitsteken, zodat er ruimte overblijft om de muurplaat over het anker heen te plaatsen. Het anker gaat door de muurplaat en je klemt de muurplaat met moeren om het anker heen op het metselwerk. Die moeren komen dus bovenop de muurplaat. Onder de moeren breng je eerst een volgplaat aan, omdat ze anders in het hout wegdraaien.

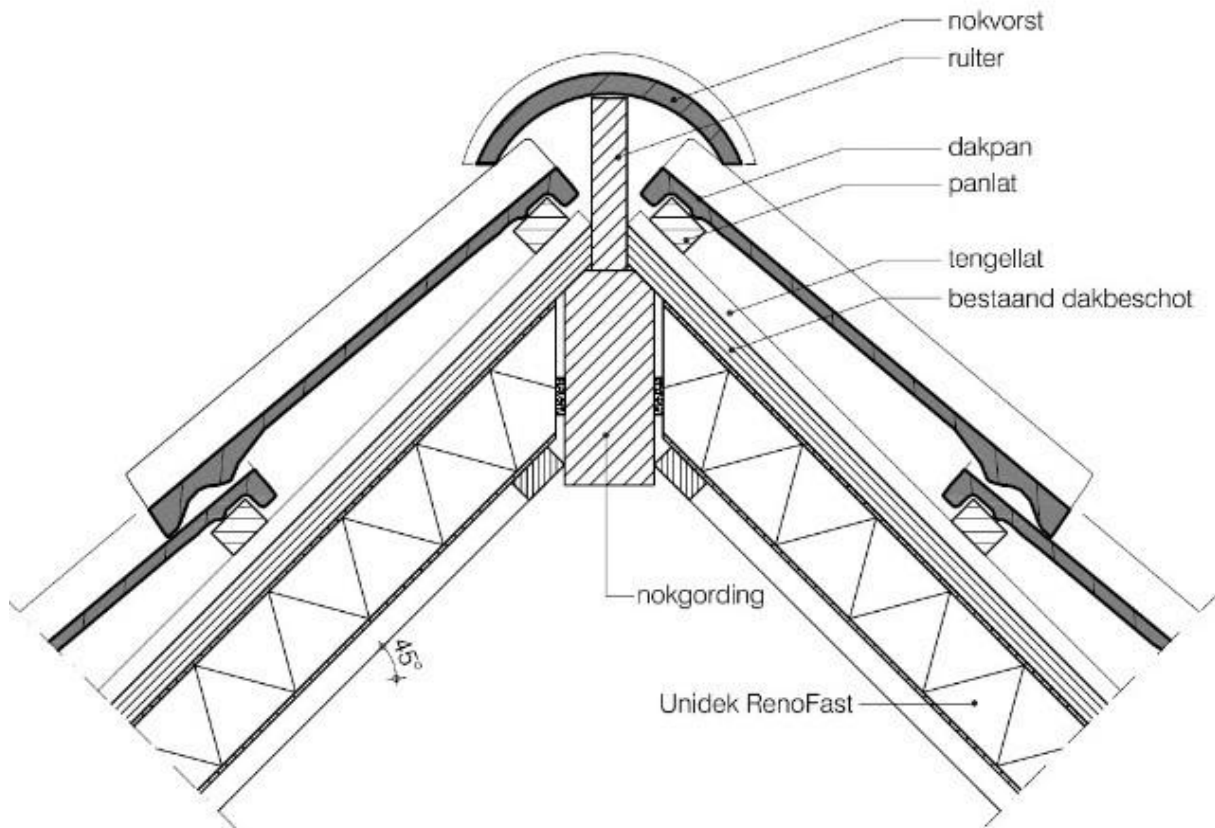
Je kunt de muurplaat ook op de vloer bevestigen, zoals op de afbeelding hieronder. Deze oplossing gebruik je bijvoorbeeld bij een dakvoet zonder overstek.



Afbeelding 25 Muurplaat bevestigd op de vloer

Nokaansluiting

De gordingkap eindigt bovenaan bij de nok met een nokgording. Op deze nokgording leg je aan beide kanten de dakplaten. Je werkt de nok van het dak af met een nokvorst. Dat is de bovenste ronde pan die over de bovenste rij dakpannen ligt. Je bevestigt de nokvorst op een ruitser: een dunne balk die je weer bovenop de gording hebt aangebracht, zie afbeelding hieronder.

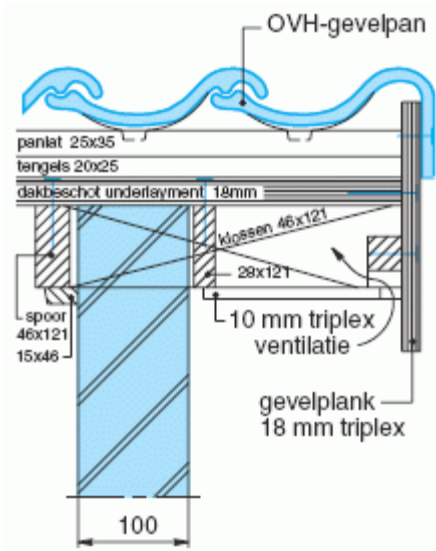


Afbeelding 26 Nokdetail

Kopgevels

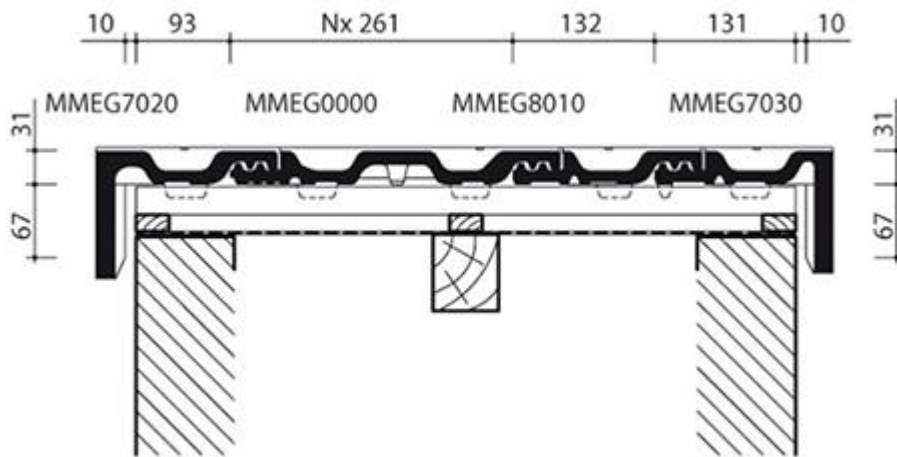
Hierboven is de topgevel al aan bod gekomen: het bovenste deel van de gevel bij het dak. Deze is onderdeel van de kopgevel: de hele gevel vanaf de begane grond tot aan de nok. Het dakvlak van de kopgevel beëindig je vaak met een gevelpan. Gevelpannen lopen aan de zijkant van het dak bij de zijgevel over alle onderdelen van het dak heen. Hiermee werk je het dakvlak bij de gevel af. Er zijn verschillende manieren om het dakvlak op de zijgevel af te werken:

- **Kopgevel met overstek**
Bij een overstek lopen de gordingen en het dakbeschot over het metselwerk van de topgevel door. In de gevel breng je de muurplaat tegen de gordingen aan. Bij een sporenkap maak je die aansluiting met klossen. Die klossen zet je haaks op de laatste spoor bij de kopgevel. De klos steekt vanaf de spoor door de muur van de kopgevel en ondersteunt de uitstekende dakplaten waar de pannen op liggen. De onderkant van de klossen werk je af met een triplexplaat.



Afbeelding 27 Topgevel met overstek

- Kopgevel zonder overstek
Bij een kopgevel zonder overstek eindigt het dakbeschoot op het metselwerk en sluiten de gevelpannen vanaf het dakbeschoot over het metselwerk.



Afbeelding 28 Topgevelbeëindiging zonder overstek

Op het dak op de afbeelding hieronder is een extra sluitpan toegepast, omdat het metselwerk daar niet direct onder het dakbeschoot eindigt.

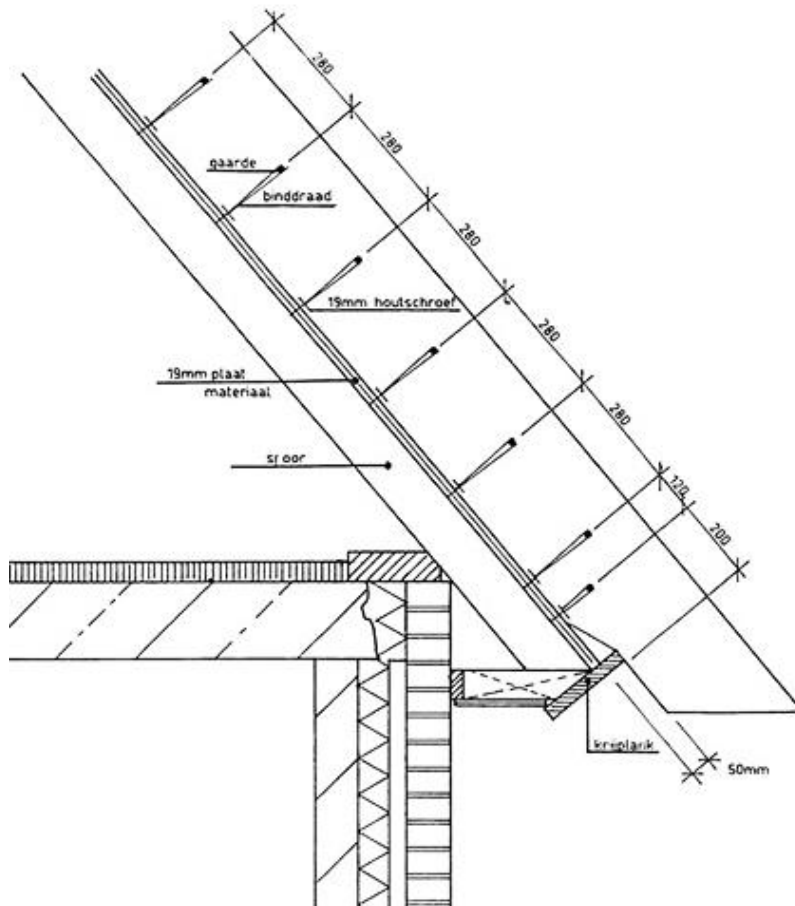


Afbeelding 29 Topgevelbeëindiging zonder overstek met extra sluitpan

Goottypen en gootdetails

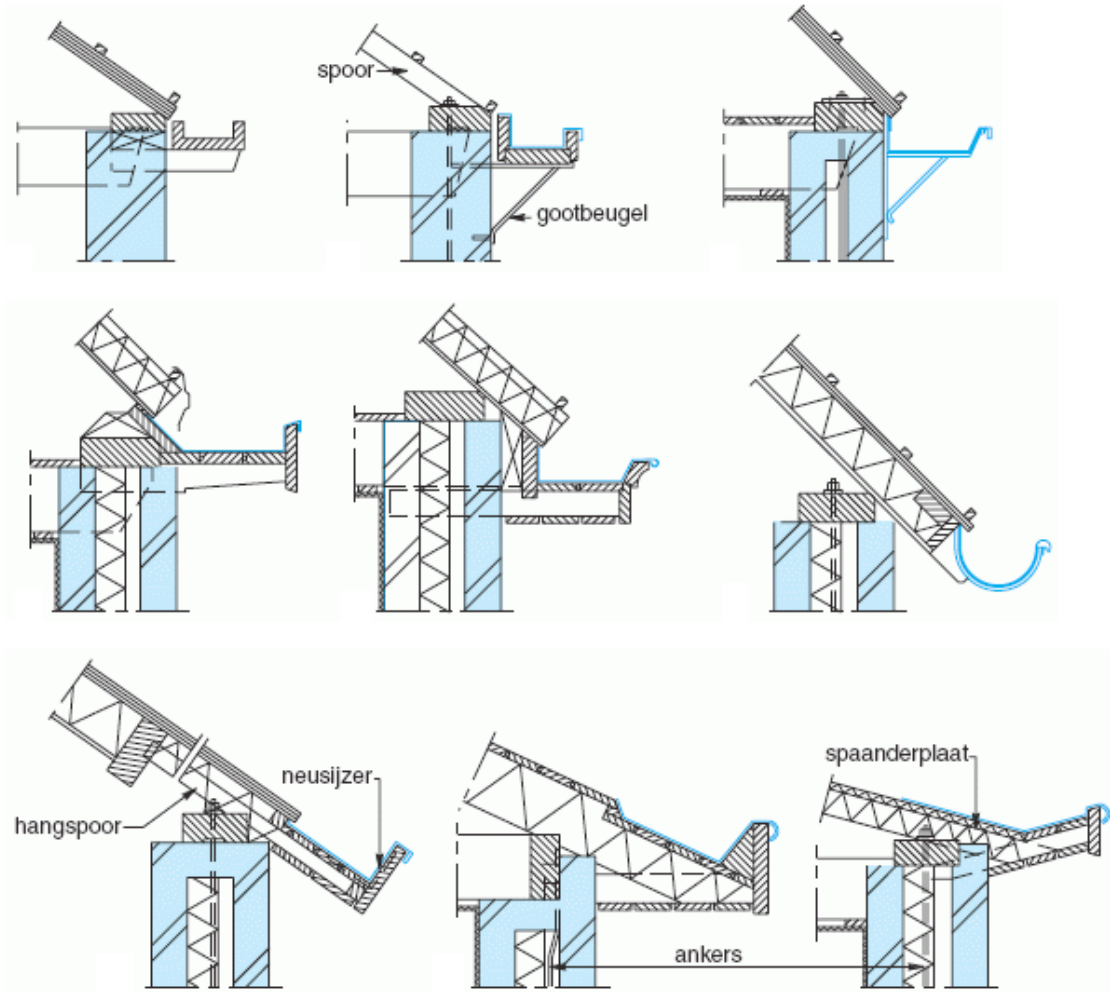
Hellende daken voeren het hemelwater bij de dakvoet af naar een hemelwaterafvoer. Die afvoer kun je op verschillende manieren maken:

- Zonder goot
De dakvoet eindigt met een ruim overstek buiten de gevel. Dit komt veel voor bij rieten kappen of bij grote loodsen met een golfplaat dakbedekking. Het water loopt dan direct van het dak op de grond. Bij deze oplossing breng je op de grond vaak een grindstrook aan die het hemelwater opvangt. Door het grind kan het water in de grond dringen.



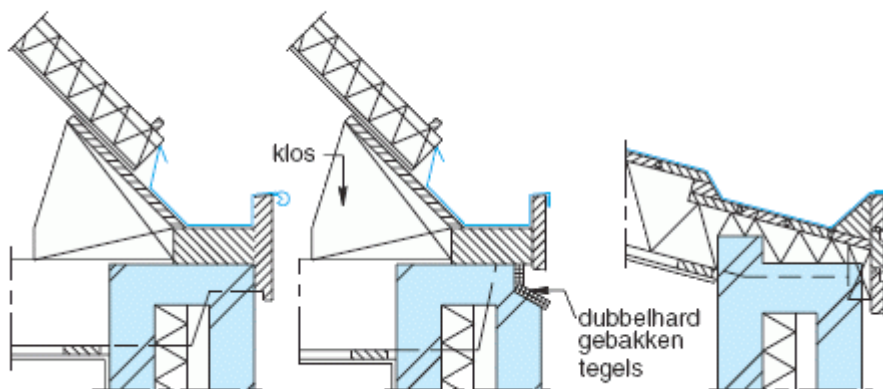
Afbeelding 30 Detail zonder goot

- Goot buiten de gevel
De dakvoet eindigt direct bij het buitenspouwblad, en de goot loopt buiten het metselwerk van het spouwblad.



Afbeelding 31 Gootdetails buiten de gevel

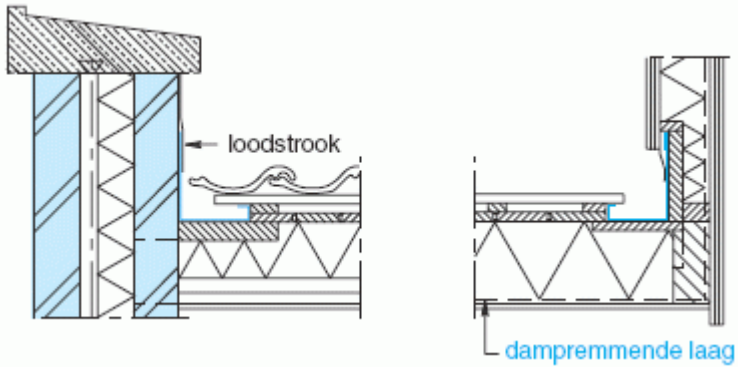
- Goot binnen de gevel
De dakvoet eindigt binnen het metselwerk, en de goot ligt op de spouwmuur.



Afbeelding 32 Gootdetails binnen de gevel

- Verholen goot
Deze pas je toe bij de aansluiting van een dakvlak op een opgaande gevel of bij een

dakkapel. Je plaatst deze goot evenwijdig aan de zijkant van de dakkapel, dus evenwijdig aan de verticale lijn van de dakpannen. De pannen leg je daarna over de goot heen.

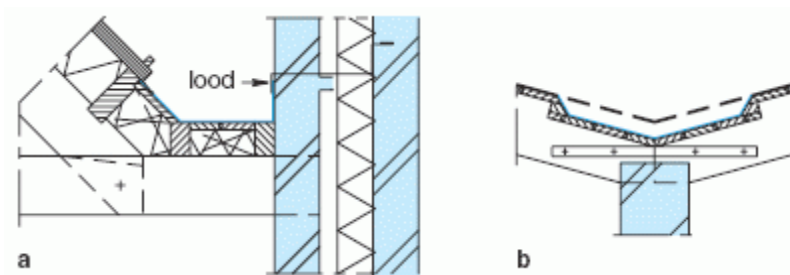


Afbeelding 33 Verholen gootdetails



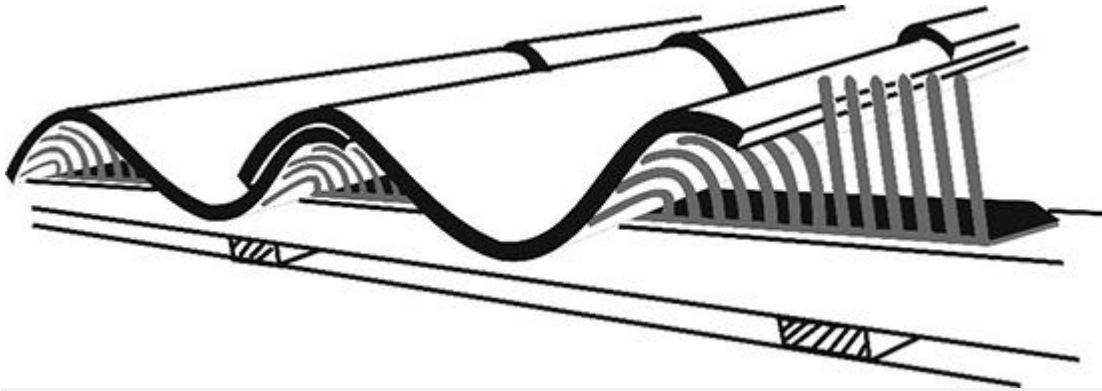
Afbeelding 34 Verholen gootdetails

- Zakgoot
Goot aan de onderkant, tussen twee hellende vlakken.
- Zalinggoot
Goot achter bijvoorbeeld de hoge kant van een schoorsteen of achter een dakdoorbreking.



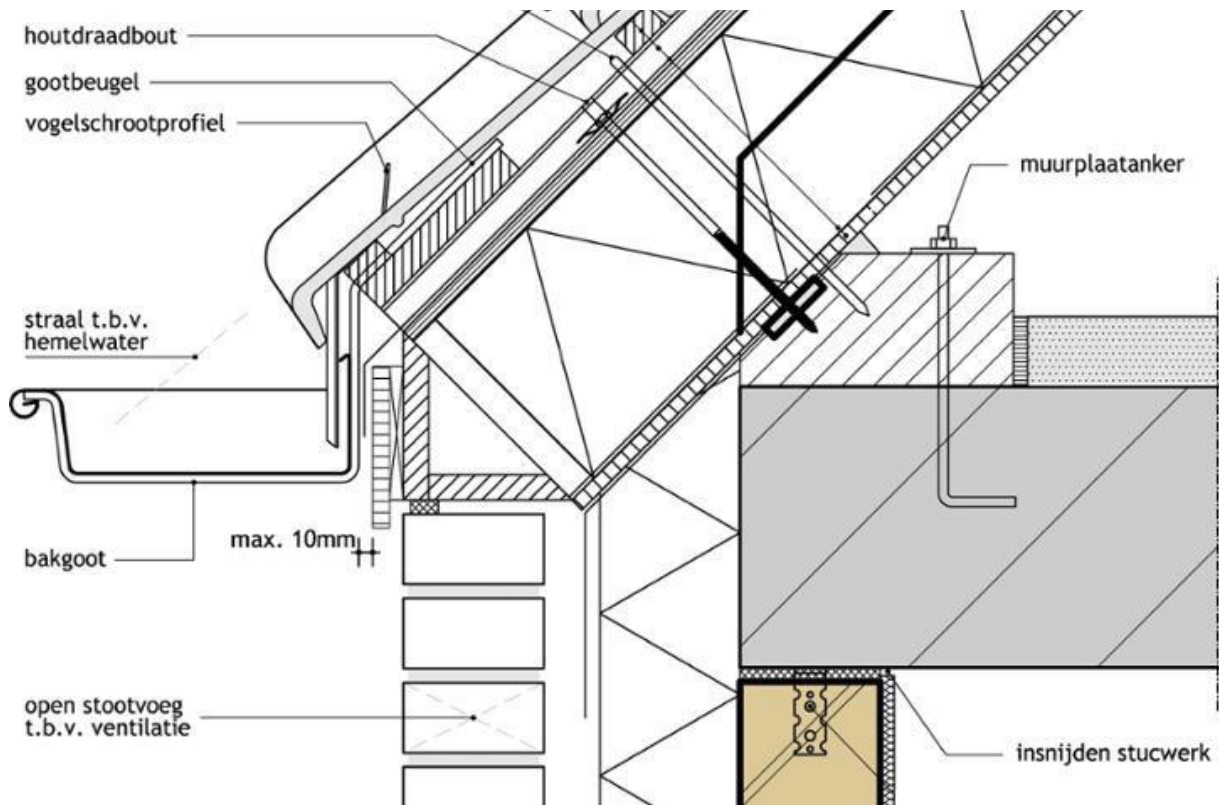
Afbeelding 35 Detail a: zalinggoot. Detail b: zakgoot

Aan de onderste panlat komt een kunststof profiel: de vogelschroot. De vogelschroot sluit de opening tussen de goot en onderste rij dakpannen af, en voorkomt zo dat vogels onder het dakbeschoot kruipen.



Afbeelding 36 Vogelschroot

Bij alle goetoplossingen moet de bekleding bij de buitenkant van de goot lager zitten dan de bekleding aan de kant van de dakvoet. Zo voorkom je dat hemelwater uit de goot alsnog in de constructie loopt, zie afbeelding hieronder.



Afbeelding 37 maximale hoogte van hemelwater in de goot

Constructies in en op het dak

In en op het dak kunnen verschillende constructies voorkomen, zoals een schoorsteen. Er zijn prefab schoorstenen en schoorstenen die je in het werk plaatst. De aansluiting van de schoorsteen op het dak is complex. Een andere bijzondere constructie zijn zonnecollectoren, die op steeds meer daken liggen.

In de seriematige woningbouw pas je tegenwoordig steeds vaker een prefab kap toe. Die komt vanaf de fabriek compleet op het werk aan.

2.4 Materialen

Op hellende daken liggen dakbedekkingen van verschillende materialen. Die dakbedekkingen moeten aan de volgende eisen voldoen:

- bestand tegen temperatuurwisselingen
- waterkerend
- goede onderlinge aansluiting

Voor de afwerking van een hellend dak gebruik je vaak dakpannen van de volgende materialen:

- keramische pannen, zie de leereenheid Keramische steenachtige materialen
- dakpannen van beton, zoals sneldekpannen

Andere gebruikte materialen zijn:

- riet
- metaal
- leisteen
- cementgebonden golfplaten
- stalen sandwichpanelen



Afbeelding 38 Rieten kap



Afbeelding 39 Betonnen sneldekpan



Afbeelding 40 Keramische dakpannen



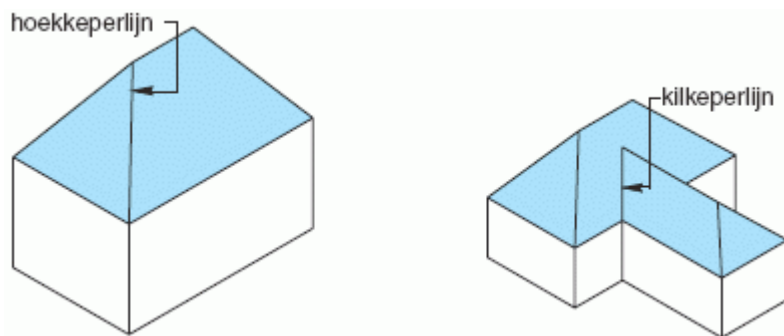
Afbeelding 41 Leisteen dakbedekking

Naast de standaard uitvoering zijn er ook uitbreidingen van hellende daken. Die ontstaan door de volgende constructies:

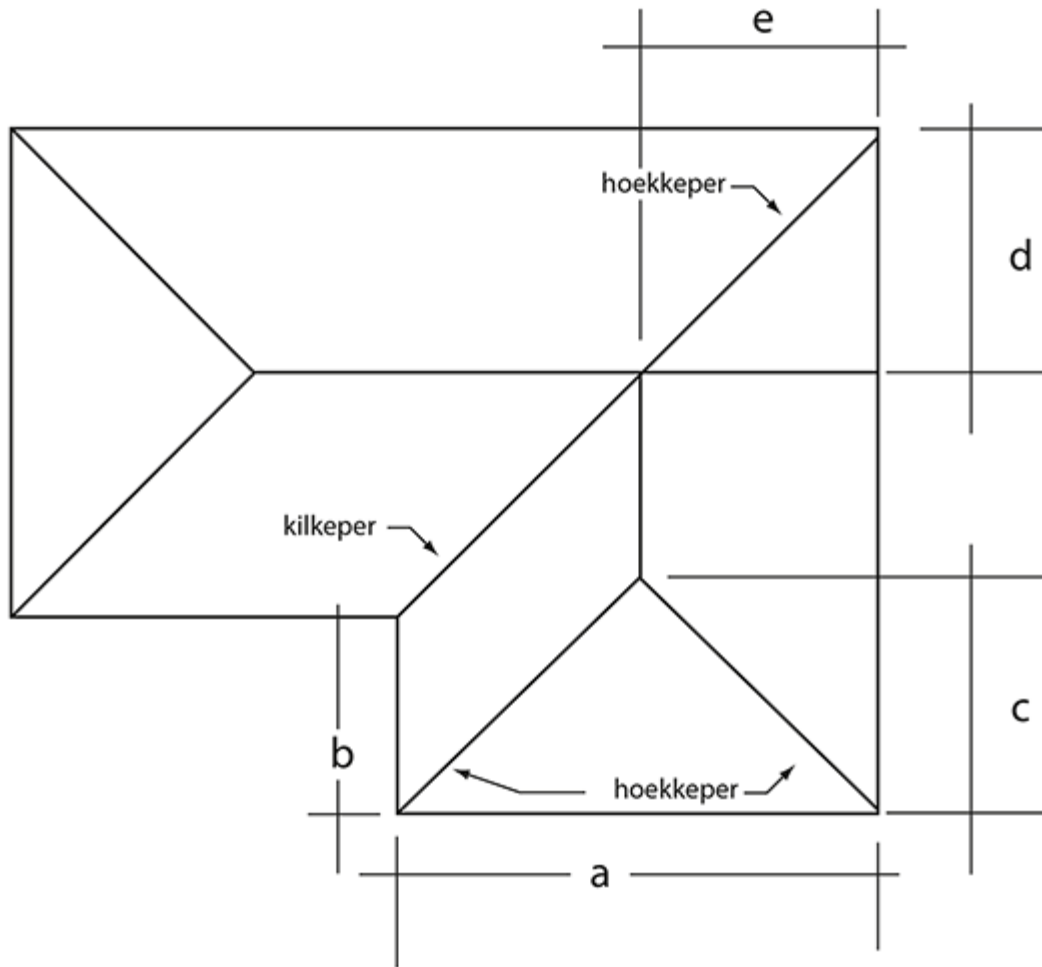
- het onderliggende bouwwerk heeft een haakse aansluiting. In de dakvlakken maak je dan een aansluiting met hoek- en kilkepers.
- dakkapel onder het dakvlak voor meer ruimte of dakraam voor meer licht.

7.4 Hoek- en kilkepers

Hoek- en kilkepers komen op daken van bouwwerken met een T-aansluiting. De hoekkeper zit tussen twee haaks op elkaar staande dakvlakken. Die liggen boven een constructie met een uitstekende hoek. Bij een kilkeper ontmoeten de dakvlakken elkaar niet boven een constructie met een uitstekende hoek, maar met een inwendige hoek. Dit komt veel voor bij een samengesteld dak.

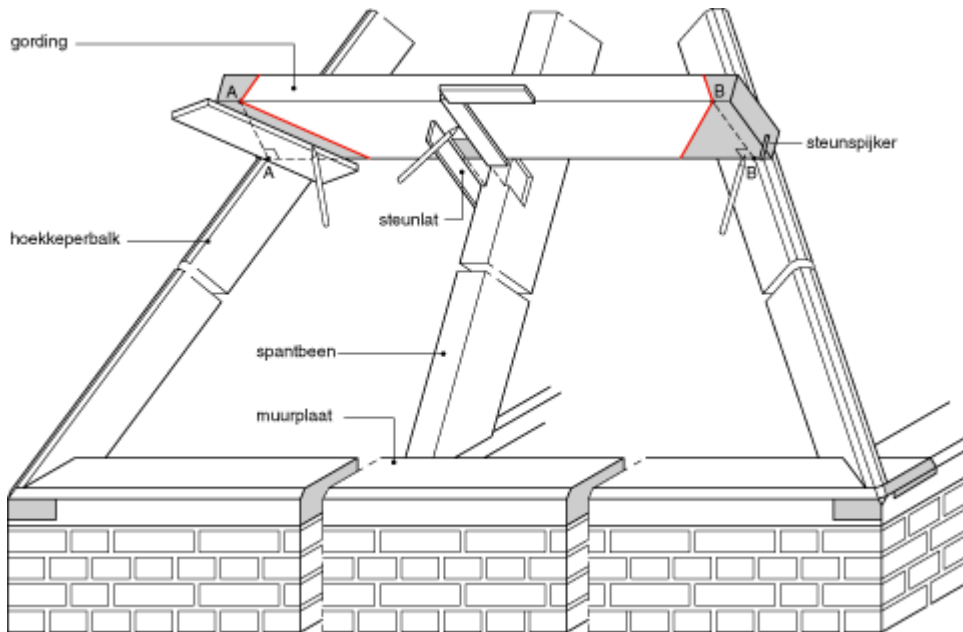


Afbeelding 42 Schilddaken met hoekkeper en kilkeper



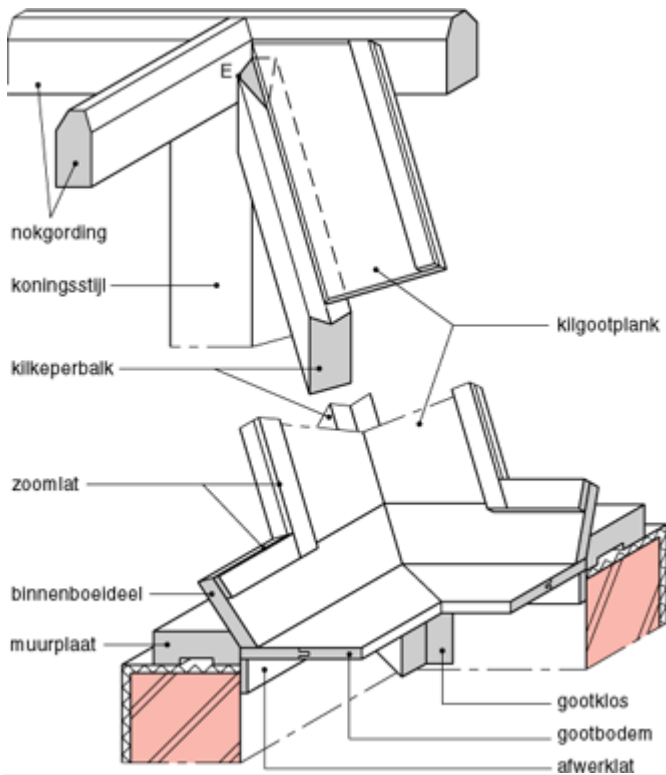
Afbeelding 43 Bovenaanzicht van dakvlakken met hoek- en kilkeper

De hoek- en kilkeper zijn niet alleen de snijlijnen in het dakvlak, de hoekkeperbalk en kilkeperbalk zijn ook constructiedelen die ondersteuning aan de gordingen geven. De afbeelding hieronder laat zien hoe je een kapconstructie met een hoek- en kilkeper maakt. Op de hoeken rusten de hoek- en kilkeper op de muurplaat. De bevestiging van de hoek- of kilkeperbalk op de muurplaat is bijna hetzelfde als de bevestiging van een spant op een muurplaat.



Afbeelding 44 Hoekkeper als ondersteuning voor de gording

In de nok komen de hoek- en kilkeperbalk bij elkaar en ontmoeten ze de nokgordingen. Op die nokgordingen breng je een ruiters aan. Daarop leg je de rij nokvorsten. Je dekt de hoek met een rij hoekkepervorsten af.



Afbeelding 45 Opbouw van kilkeper met goot en afwerking bij muurplaat en nokgording



Afbeelding 46 Afdekking met rij hoekkepervorsten



Afbeelding 47 Dak met hoekkeper, kilkeper en kilgoot

Voor de afvoer van het hemelwater breng je bij de kilkeper een kilgoot aan.