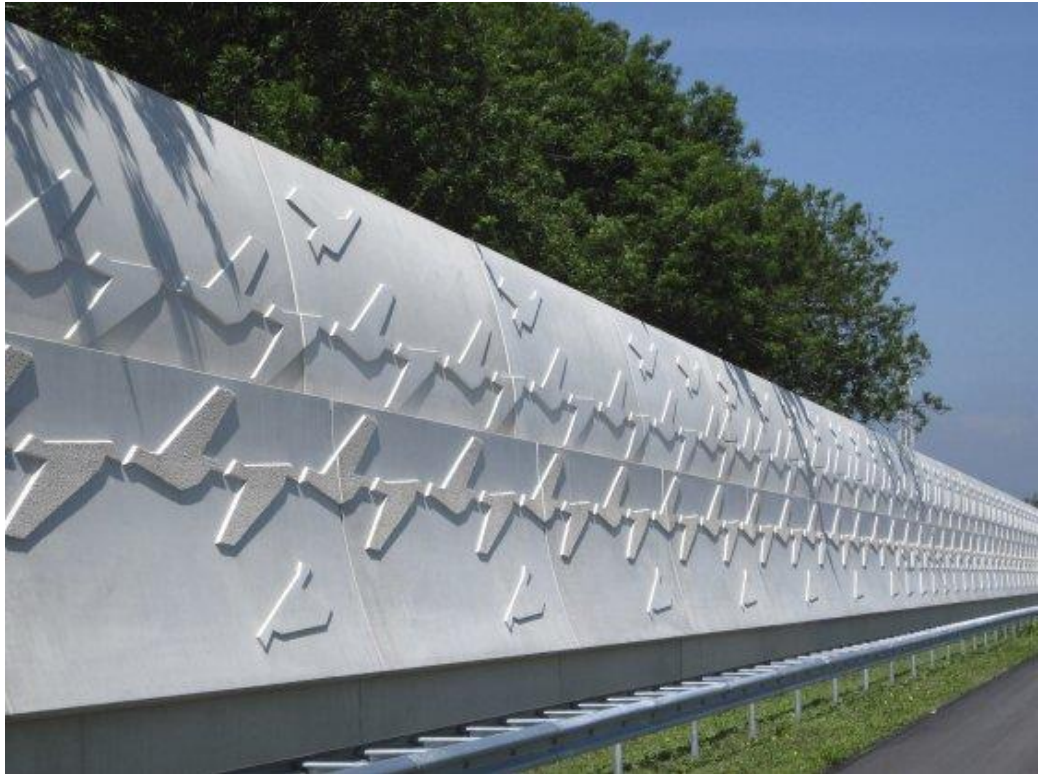


5

UITERLIJK VAN BETON

Het uiterlijk van beton komt in Nederland steeds meer "in the picture". We zien steeds meer betonontwerpen waar gespeeld wordt met de kleur van beton. Een voorbeeld hiervan zijn de betonnen geluidswallen langs de A2 bij Den Bosch. Spelen met de kleur van beton met voorbedachten rade, vraagt kennis van de invloedsfactoren op de uiteindelijke kleur.



In dit hoofdstuk gaan we een aantal belangrijke invloedsfactoren op het uiterlijk van beton op een rijtje zetten. Hierbij zullen we zien dat naast de gebruikte materialen ook het licht, of beter gezegd de lichtverstrooiing, een belangrijke rol speelt.

Daarna staan we stil bij de regelgeving rondom dit onderwerp.

INHOUDSOPGAVE

Pag.

5.1	Inleiding.....	5-3
5.2	Kleur.....	5-3
5.3	De kleur van beton	5-4
5.3.1	Invloed van cement.....	5-4
5.3.2	Invloed van toeslagmateriaal	5-5
5.3.3	Invloed van vulstoffen.....	5-6
5.3.4	Invloed van hulpstoffen.....	5-7
5.3.5	Invloed van pigmenten	5-7
5.4	Het licht, de lichtverstrooiing.....	5-8
5.5	Lichtverstrooiing en beton.....	5-10
5.5.1	Invloed van de water-cementfactor	5-10
5.5.2	Invloed van uitdroging.....	5-11
5.5.3	Invloed van de temperatuur	5-11
5.5.4	Invloed van vochtigheid	5-12
5.6	Materiaalkleur en lichtverstrooiing tezamen.....	5-12
5.6.1	Invloed van een nabewerking	5-12
5.6.2	Invloed van ontkistingsolie.....	5-13
5.6.3	Dichter beton kleurt nat lichter op.....	5-13
5.7	Veroudering.....	5-14
5.8	Uiterlijk van beton in de voorschriften.....	5-15
5.8.1	Normen in relatie tot het uiterlijk van beton.....	5-15
5.8.2	CUR-Aanbeveling 100	5-17
5.8.2.1	Specificeren & coördineren.....	5-19
5.8.2.2	Ontwerp.....	5-19
5.8.2.3	Betonsamenstelling	5-20
5.8.2.4	Bekisting en ontkistingsolie	5-21
5.8.2.5	Verwerking.....	5-21
5.9	Veel voorkomende onvolkomenheden	5-22
5.9.1	Blauwverkleuring	5-23
5.9.2	Craquelé.....	5-24
5.9.3	Donker, glanzende en glazige plekken	5-25
5.9.4	Roeststrepen aan het oppervlak	5-26
5.9.5	Roest uitloging / Oer	5-27
5.9.6	Kleurverschillen door stortlagen	5-28
5.9.7	Aftekenen van afstandhouders, dekkingsblokjes.....	5-29
5.9.8	Vervuiling van de bekisting.....	5-30
5.9.9	Verkleuringen door ontkistingsolie	5-31
5.9.10	Zandlopers	5-32
5.9.11	Grindnesten.....	5-33
5.9.12	Lekkende bekisting.....	5-34
5.9.13	Mosaangroei / algvorming.....	5-35
5.9.14	Kalkuitslag.....	5-36
5.9.15	Aftekening stophout	5-37
5.9.16	Grijstint verschillen door bekistingsmateriaal	5-38
5.9.17	Aftekening van de wapening	5-39

5.1 Inleiding

Over "het uiterlijk" van beton zijn al veel boeken geschreven en symposia gevuld. Het is een veelomvattend onderwerp. Immers, het uiterlijk van beton wordt bepaald door vorm, ontwerp, kleur, textuur en nog veel meer factoren.

Alle betrokkenen in het bouwproces hebben hiermee te maken: de architect, de betonconstructeur, de aannemer en natuurlijk de betonproducent die verantwoordelijk is voor de selectie van grondstoffen en de betonsamenstelling. Bovendien kijkt niet iedereen er "met dezelfde bril" naar. De architect zal bijvoorbeeld vooral kijken naar vorm, kleur en structuur en de betonconstructeur vooral naar functie en duurzaamheid.

Om het uiterlijk van beton te begrijpen, gaan we eerst even stilstaan bij het fenomeen kleur. Daarna beschrijven we de invloedsfactoren op de materiaalkleur van beton en de invloed van de lichtverstrooiing op de kleur van beton. En onze regelgevende documenten op dit gebied. Laten we snel beginnen.

5.2 Kleur

Kleur is volgens het woordenboek een eigenschap van het licht. Kleur kunnen we daarom ook alleen waarnemen als er licht is. In het donker of schemer vervagen de kleuren en worden ze donkerder totdat we geen kleur meer zien. Dit fenomeen kunnen we ook waarnemen als we kijken naar de schaduwlijnen op de foto van het geluidsscherm van de A2 bij Den Bosch. Deze zijn donker.



Figuur 5.1 Schaduwranden zijn zwart omdat hierop geen licht valt.

Licht kunnen we beschouwen als een straling waarin alle kleuren vertegenwoordigd zijn. Als de golflengte van deze straling ligt tussen 750 (rood) en 380 (violet) nanometer, dan kunnen onze ogen deze straling waarnemen en vertalen naar een kleur. Elk materiaal weerkaatst een deel van het licht dat erop valt. Een ander deel van het licht zal worden geabsorbeerd. De golflengte van het weerkaatste licht bepaalt de kleur van het materiaal, dat is het licht dat onze ogen bereikt.

5.3 De kleur van beton

De kleur van het beton wordt bepaald door de materialen die in het oppervlak aanwezig zijn. Normale betonoppervlakken zijn opgebouwd uit de kleinste korrels die in het beton aanwezig zijn. Deze bestaan uit: cement; vulstoffen, hulpstoffen, fijne toeslagkorrels en natuurlijk pigmenten. De uiteindelijke kleur van het beton is dan ook een optelsom van de kleur van al deze kleine korrels.



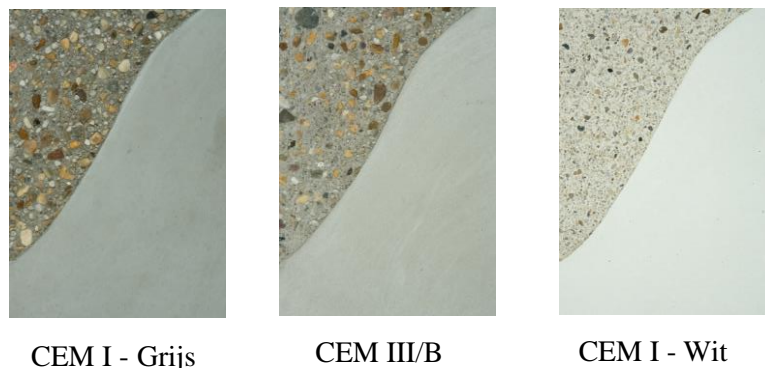
Figuur 5.2 De kleur van het beton wordt bepaald door de kleur van de zichtbare kleine korrels aan het betonoppervlak.

Gaan we een betonoppervlak uitwassen, dan komen de kleuren van de grotere toeslag-korrels ook in het zicht. Deze bewerkingstechniek geeft een oneindige mogelijkheid de kleur van beton te beïnvloeden en wordt bijvoorbeeld in de straatstenenindustrie veelvuldig toegepast.

In het volgende gedeelte gaan we kijken wat er met de kleur van beton gebeurt als gevolg van de genoemde materialen. De hierbij getoonde foto's zijn gemaakt van echt vervaardigde betonproefstukken.

5.3.1 Invloed van cement

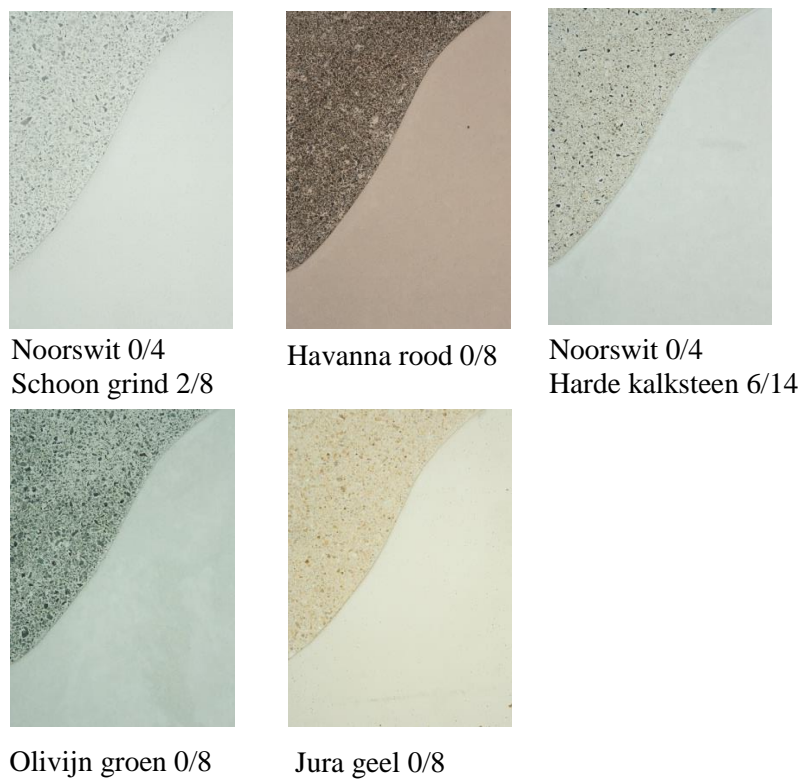
In grote lijnen kennen we grijze- en witte cementen. Dit zien we als de basiskleur van het beton. De kleur van het cement wordt vooral bepaald door het aandeel ijzer in het cement. Grijs en wit portlandcement (CEM I) verschillen dan ook in hun ijzeraandeel. Wit cement is nagenoeg ijzer vrij (0 - 0,5%) en het grijze cement heeft een ijzeraandeel van ongeveer 2 - 4%. Hoogovencementen (CEM III) worden gemaakt met grijs portlandcement waaraan hoogovenslak is toegevoegd. Hoogovenslak is zeer licht van kleur en nagenoeg ijzer vrij. Hoogovencementen zijn dan ook lichter van kleur dan grijs portlandcement (zie figuur 5.3).



*Figuur 5.3 Invloed van het cement op het beton. De linker bovenhoek is uitgewassen en de grotere korrels worden zichtbaar.
Basismengselsamenstelling: wcf = 0,50, schoon rivierzand en grind.*

5.3.2 Invloed van toeslagmateriaal

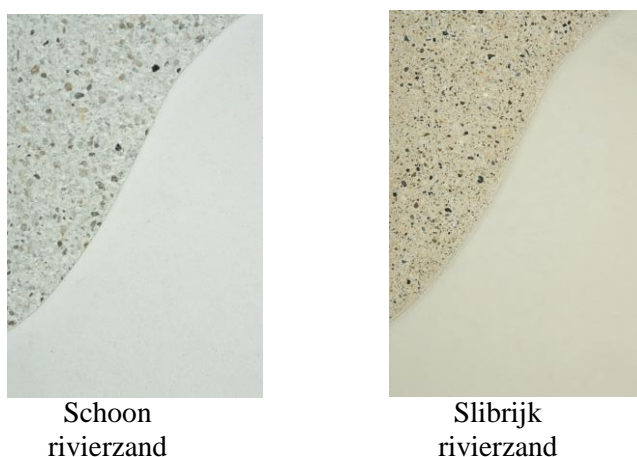
Het toeslagmateriaal heeft meer invloed op de kleur dan menigeen denkt. De kleinste korrels (0 - 0,125 mm) uit het toeslagmateriaal kunnen de kleur van het normale betonoppervlak behoorlijk bepalen. Een voorbeeld hiervan is gegeven in figuur 5.4. Hierin is tevens zichtbaar dat bij uitwassen, het verwijderen van de fijnste delen van het betonoppervlak, de eigen kleur van de grotere toeslagkorrels zichtbaar wordt.



*Figuur 5.4 Invloed van de toeslagmateriaal op de kleur van beton. Linker bovendeel van het beton is uitgewassen. Er zijn hier **geen pigmenten** toegevoegd.
Basissamenstelling: wcf = 0,50, wit cement, kalksteenmeel.*

Naast de eigen kleur van toeslagkorrels kunnen eventuele vervuilingen de kleur van het betonoppervlak beïnvloeden. In figuur 5.5 is daarvan een voorbeeld gegeven. Hier is gewassen rivierzand vergeleken met ongewassen slibrijk rivierzand. Het slib, zeer kleine deeltjes, nestelen zich ook aan het oppervlak. Een andere mogelijke oorzaak van verkleuring aan het betonoppervlak is verontreiniging in het toeslagmateriaal zoals ijzerhoudende deeltjes (Pyriet), oer (versteend hout) of zwellende klei.

In dit kader moeten we ook brekerstof noemen. Denk daarbij niet alleen aan grijs stof in gebroken toeslagmateriaal, maar ook aan gemalen baksteen in menggranulaat. Recycling is mooi, maar niet altijd schoon en dat geldt zeker als ook het spoelwater met slib wordt hergebruikt.

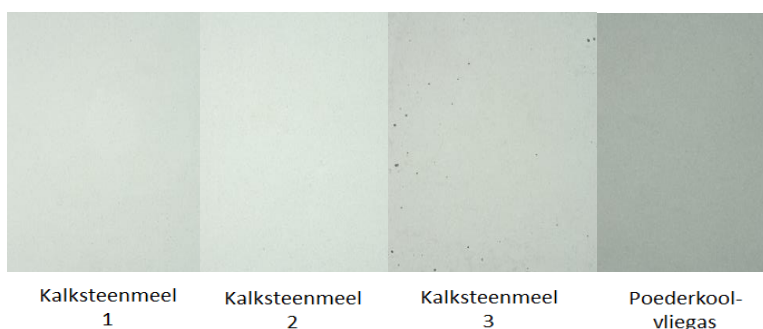


Figuur 5.5 Invloed van schoon en slibrijk rivierzand op de kleur van beton. Linker bovenhoek van het beton is uitgewassen. Basissamenstelling: wcf = 0,50, wit cement, kalksteenmeel.

5.3.3 Invloed van vulstoffen.

De kleur van het beton wordt ook beïnvloed door de toegepaste vulstoffen (korrels < 0,125 mm). In figuur 5.6 is hiervan een voorbeeld gegeven. Verschillende soorten kalksteenmeel geven een verschillende kleur aan het beton. Dit wordt veroorzaakt door de samenstelling van het kalksteenmeel dat van winlocatie tot winlocatie kan verschillen.

Poederkoolvliegias kleurt het betonoppervlak meestal donkerder. Dit wordt veroorzaakt door het grote aandeel zwarte koolstof in de poederkoolvliegias.



Figuur 5.6 Invloed van een 3-tal verschillende kalksteenmelen en poederkoolvliegias op het beton. Basissamenstelling: wcf = 0,50, wit cement, Noorswit 0/4.

5.3.4 Invloed van hulpstoffen.

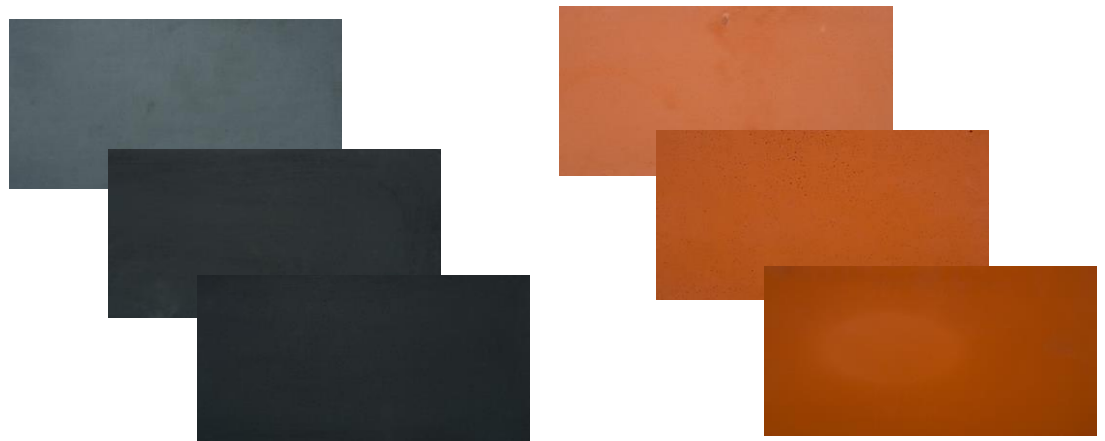
Hulpstof is qua volume/gewicht maar een klein aandeel in het beton. Toch kan het de uiteindelijke kleur van het beton beïnvloeden. Er zijn kleurloze hulpstoffen, maar ook bruinachtige vloeistoffen. In figuur 5.7 is een transparante PCE-hulpstof vergeleken met een bruine Naftaleen. Deze laatste veranderde de kleur van het beton.



Figuur 5.7 Invloed van de hulpstof op de kleur van het beton. Basissamenstelling: wcf = 0,50, witcement, kalksteenmeel, Noorswit toeslagmateriaal.

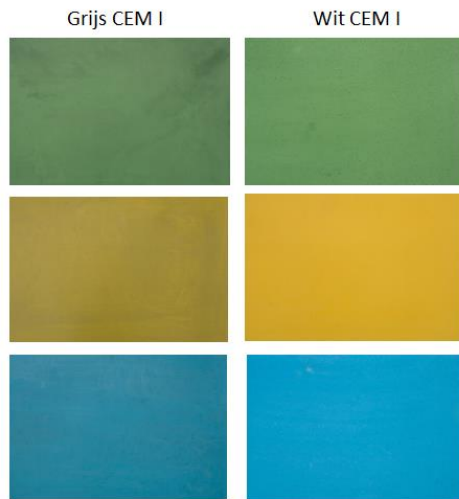
5.3.5 Invloed van pigmenten

Pigmenten zijn kleine inerte korrels die goed verdeeld in de cementsteen aanwezig zijn. De pigmenten zijn vaak ijzeroxiden die afhankelijk van de dosering een andere kleur kunnen geven aan het beton. In figuur 5.8 zijn de betonnen proefstukken weergegeven waarin 2%, 6% en 10% pigment is toegepast van een zwarte en rode ijzeroxide.



Figuur 5.8 Invloed van pigmentdosering (2%, 6% en 10%) op de kleur van beton. Basissamenstelling: wcf = 0,50, witcement, Noorswit 0/4; Pigment zwart: Scholz BFS 36; Pigment rood: Scholz BFS 110.

De kleur van het beton wijzigt als bij het gepigmenteerde beton een grijs of een wit portlandcement als basis wordt gebruikt. Aan het oppervlak van het beton liggen tussen de pigmentkorreltjes dan witte of grijze cementkorrels. Dit geeft een heel andere kleur. In figuur 5.9 is dit weergegeven.



Figuur 5.9 Invloed van grijs en wit cement op gepigmenteerd (6%) beton. Basissamenstelling: wcf = 0,50, Noorswit 0/4 en pigmentgroen: Colortherm Green GN, pigmentgeel: HS 420 Oxide yellow, pigmentblauw: Cobalt Blue G2828.

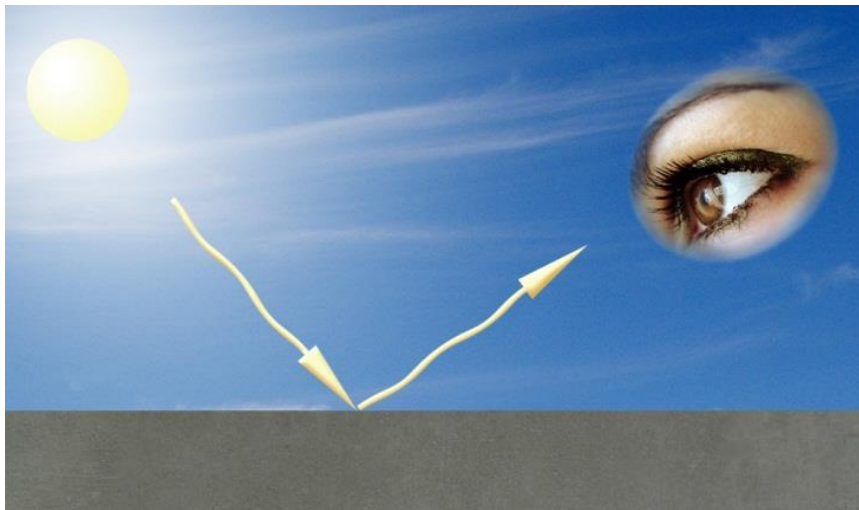
5.4 Het licht, de lichtverstrooiing

Naast het materiaal in het oppervlak van het beton speelt ook het licht een belangrijke rol. In de inleiding is al aangegeven dat de kleur een eigenschap is van het licht. Zonder licht zien we geen kleur. Als we de lichtsterkte langzaam laten afnemen, dan wordt een fel rood materiaal steeds donkerder rood van kleur en zal bij verder afnemen van de lichtsterkte zwart worden. De donkerdere schaduwplekken zijn daarvan ook een voorbeeld.

Een andere eigenschap waarmee we te maken krijgen is de verstrooiing van het licht. De mate waarin verstrooiing van het licht optreedt is afhankelijk van de textuur/het reliëf van het oppervlak. Hierbij gaan we even iets langer stilstaan, voordat we dit fenomeen vertalen naar onze betonnen proefstukken.

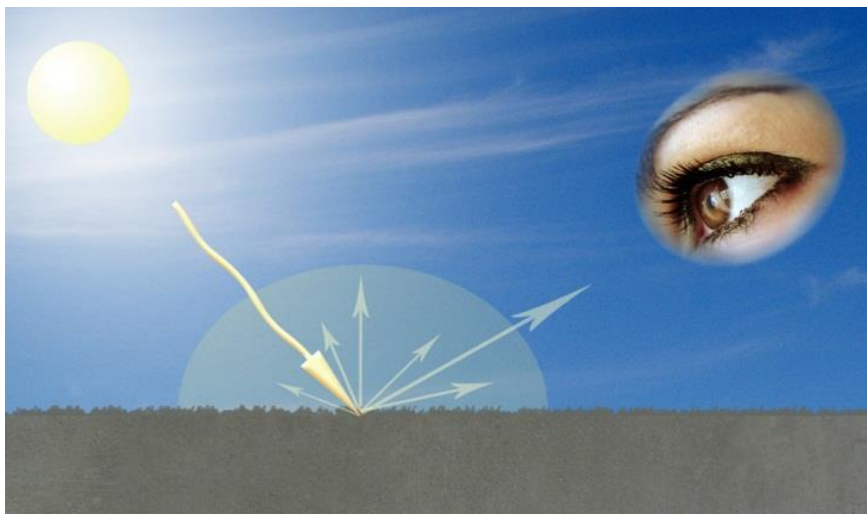
Gladde/dichte oppervlakken

Bij gladde of dichte oppervlakken wordt het licht, en daarmee de kleur, optimaal weerkaatst. De echte kleur van het oppervlak, van het materiaal, wordt nu goed zichtbaar. We noemen dit een hoge kleurintensiteit. Veel kleurstraling bereikt ons oog waarmee we de kleur zien (zie figuur 5.10).



Figuur 5.10 Lichtweerkaatsing bij een glad/dicht oppervlak geeft een hoge kleurintensiteit.

Bij een poreuze oppervlak worden de lichtstralen verstrooid weerkaatst. Hiermee wordt bedoeld dat de lichtstralen nu alle kanten op gaan. De kleurintensiteit van het materiaal wordt nu over al deze richtingen verdeeld (zie figuur 5.11). Ons oog neemt nu een lage kleurintensiteit waar. Dit betekent dat de kleur lichter wordt. Een blauw oppervlak wordt steeds lichter blauw tot zelfs wit.



Figuur 5.11 Lichtweerkaatsing bij een poreus oppervlak geeft een lage kleurintensiteit en wordt lichter van kleur.

We herkennen dit bij een glas bier. De kleur van bier is geel. De schuimkraag is ook geel bier, maar dat is zeer poreus en het verstrooit het licht zodanig dat ons oog nagenoeg geen gele kleurstralingen meer opvangt. De kleur wordt nu wit. (zie figuur 5.12).



Figuur 5.12 Glas bier. De poreuze schuimkraag verstrooit het licht en verlaagt de kleurintensiteit van het gele bier tot de kleur wit.

5.5 Lichtverstrooiing en beton

Vertalen we deze theorie bijvoorbeeld naar een grijs beton, dan zal bij minder licht het oppervlak steeds donkerder grijs worden tot zelfs zwart. Is er echter voldoende licht en is het oppervlak dicht en glad, dan zal de echte grijze betonkleur optimaal zichtbaar zijn (hoge kleurintensiteit). Is het oppervlak poreuzer of minder dicht, dan zal er lichtverstrooiing plaatsvinden en de kleur zal steeds lichter grijs (lage kleurintensiteit) worden tot zelfs wit.

5.5.1 Invloed van de water-cementfactor

De water-cementfactor van beton heeft invloed op de hoeveelheid poriën in het beton. Bij een hogere water-cementfactor zullen er in het betonoppervlak meer poriën aanwezig zijn. De hogere porositeit van het oppervlak bij een $wcf = 0,6$ t.o.v. een $wcf = 0,3$ heeft meer lichtverstrooiing tot gevolg. De kleurintensiteit van het beton zal bij een hogere water-cementfactor dus afnemen. We zien de kleur bij een hogere water-cementfactor dan ook als lichter grijs (zie figuur 5.13).



Figuur 5.13 Invloed van de water-cementfactor op de kleur van beton; links: $wcf = 0,6$, rechts: $wcf = 0,3$. Basissamenstelling: 100 g CEM III/B en water.

5.5.2 Invloed van uitdroging

Als een betonelement direct na het ontkisten buiten wordt geplaatst, dan kan het water in de buitenhuid verdampen waardoor een minder dichte buitenhuid ontstaat dan wanneer het beton intensief wordt nabehandeld. Een minder dichte buitenhuid betekent meer lichtverstrooiing en een lagere kleurintensiteit. Het beton wordt dan lichter grijs.

In figuur 5.14 is dit gesimuleerd door direct na ontkisten van het proefstuk een 3-tal latjes op het beton aan te brengen. Ter plaatse van deze latjes droogt het beton minder snel uit. Dit geeft een donkerdere kleur als gevolg van een minder poreus oppervlak. Het overige beton rondom de latjes is lichter grijs van kleur geworden.

Dit is te vergelijken met het toepassen van stophout op het tasveld voor het stapelen van betonelementen. Door een verschil in uitdroging van het oppervlak ontstaat dan een kleurverschil.

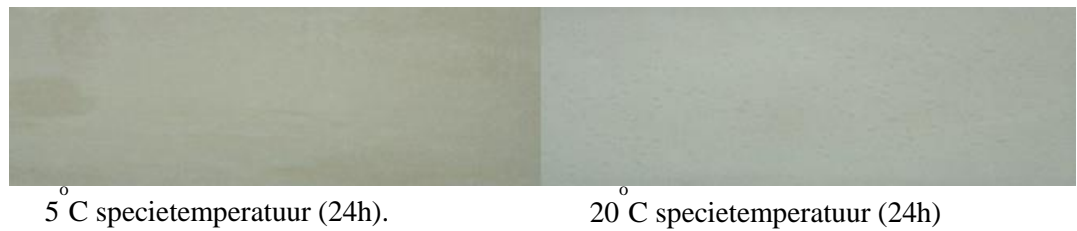


Figuur 5.14 Invloed van stophout op de kleur van beton. Een 3-tal latjes zijn na het ontkisten op het proefstuk gelegd. Basissamenstelling: wcf = 0,50, CEM III/B, schoon rivierzand 0/4.

5.5.3 Invloed van de temperatuur

De temperatuur heeft ook invloed op de kleur van het beton. De temperatuur versnelt of vertraagt de snelheid van uitdrogen van een betonelement. Een element dat zomers na ontkisten direct buiten wordt geplaatst zal lichter van kleur zijn dan hetzelfde element in de winter. Laten we dit uitleggen aan de hand van een voorbeeld.

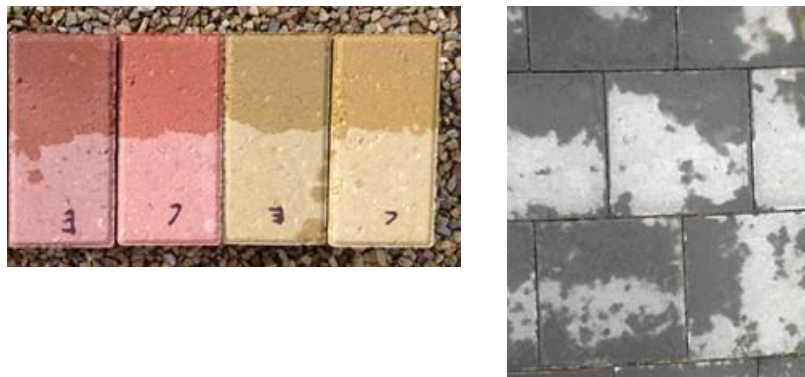
In figuur 5.15 is een voorbeeld weergegeven waarbij proefstukken zijn vervaardigd bij een winterse temperatuur van 5 °C en zomerse temperatuur van 20 °C. Na 24 uur verharden bij deze temperatuur, zonder bescherming tegen uitdroging, zijn de proefstukken in een oven bij 40 °C gedroogd. Het onbeschermd oppervlak heeft bij een lage specietemperatuur van 5 °C in de eerste 24 uur een dichter oppervlak verkregen dan bij 20 °C. Het water is bij 20 °C sneller uit het oppervlak verdwenen. Er is een poreuzer oppervlak verkregen met meer lichtverstrooiing en een lichtere kleur tot gevolg.



Figuur 5.15 Invloed van temperatuur in de eerste 24h op de kleur van beton. Geen bescherming tegen verdamping. Na 24 uur gedroogd in de oven bij 40°C. Basissamenstelling: wcf = 0,50, CEM III/A, schoon rivierzand 0/4.

5.5.4 Invloed van vochtigheid

Een nat oppervlak van beton is donkerder van kleur. Dit geldt voor elk nat materiaal. Denk maar eens aan nat en droog zand. Een nat oppervlak doet twee dingen met de kleur. Als eerste gedraagt het zich meer als een glad/dicht oppervlak. De kleur wordt intensiever en in het geval van beton meer donker grijs. Ten tweede weerkaatst een nat materiaal niet al het licht. Er wordt als het ware licht gevangen. Dit heeft tot gevolg dat de lichtsterkte afneemt en daarmee worden alle kleuren donkerder, net als schaduw.



Figuur 5.16 Nat beton heeft een hogere kleurintensiteit waardoor de kleur van het materiaal minder wordt vervaagd, daarnaast wordt er licht gevangen in een nat oppervlak waardoor de kleur donkerder wordt.

5.6 Materiaalkleur en lichtverstrooiing tezamen.

Natuurlijk spelen de beschreven invloedsfactoren in de praktijk door elkaar heen. Laten we even kijken naar een paar voorbeelden hiervan.

5.6.1 Invloed van een nabewerking

Als een betonoppervlak na verharding wordt bewerkt zoals bijvoorbeeld door middel van boucharderen (figuur 5.17), ontstaan er allerlei kleuren. Het oppervlak verschilt nu lokaal qua porositeit en reliëf. Het licht en de lichtverstrooiing is in dit geval op het oppervlak overal verschillend met allerlei grijs tinten tot gevolg. Daarnaast kan nu ook de kleur van het materiaal veranderen als de grotere korrels aan het oppervlak zichtbaar worden.



Figuur 5.17 Gebouchardeerd betonoppervlak kent vele tinten.

5.6.2 Invloed van ontkistingsolie

De ontkistingsolie wordt aangebracht op de bekisting. Na het ontkisten zal een deel van de olie op het betonoppervlak achter kunnen blijven. De kleur van de olie beïnvloedt dan de kleur van beton omdat dit het materiaal is wat aan de buitenzijde aanwezig is. In figuur 5.18 is hiervan een voorbeeld gegeven, waar een teveel aan olie het betonoppervlak van kleur doet veranderen. Olieverschillen kunnen ook zorgen voor een verschillende dichtheid van het betonoppervlak en dit kan daardoor kleurverschillen veroorzaken.



Figuur 5.18 Een teveel aan olie kan bruinachtige vlekken achterlaten op het beton. Dan ligt er een nieuw materiaal aan het oppervlak dat de kleur bepaalt.

5.6.3 Dichter beton kleurt nat lichter op

Beton dat goed is nabehandeld, ziet er in droge condities donkerder uit. Denk aan de aftekening van het stophout. Datzelfde beton ziet er in natte condities lichter uit. Dit is het gevolg van de hogere porositeit van het oppervlak naast het stophout waar meer vocht is ingetrokken/aanwezig is. Dit extra vocht vangt meer licht af en kleurt daardoor

donkerder. Het dichtere beton onder het stophout kan niet zoveel water opnemen en hier wordt minder licht afgevangen. Een voorbeeld daarvan is figuur 5.19. Hier zien we de lichtere aftekening van stophout op een natte vloerplaat.



Figuur 5.19 Aftekening stophout op een natte vloerplaat.

5.7

Veroudering

Beton, buiten in weer en wind, verouderd met de jaren. Dit geeft het beton een andere kleur. Deze verandering van kleur kan ontstaan door de aanwezigheid van een ander materiaal aan het oppervlak, zoals algen, mossen (figuur 5.20), maar ook vervuiling (figuur 5.22) of witte uitslag. Ook is het mogelijk dat de kleur van het materiaal verandert als gevolg van UV-straling, zoals we kennen van gepigmenteerd beton. Het materiaal kan ook dezelfde kleur houden, maar doordat er verwerking plaatsvindt en er fijne delen aan het oppervlak verdwijnen, ontstaat een andere lichtverstrooiing en een andere kleur (figuur 5.21). Verwerking kan worden veroorzaakt door bijvoorbeeld zure regen of slijtage door water of zand bij betonnen bunkers op het strand.



Figuur 5.20 Veroudering, aanwezigheid van een ander materiaal – Mos.



Figuur 5.21 Veroudering, verandering van lichtverstrooiing – Verwerking.



Figuur 5.22 Veroudering, aanwezigheid van een ander materiaal – Vervuiling.

5.8 Uiterlijk van beton in de voorschriften

Als aan het uiterlijk van het betonoppervlak specifieke esthetische eisen worden gesteld, is er sprake van "esthetisch beton"; "schoon beton" of "zichtbeton". De opdrachtgever beschrijft in dat geval in de projectspecificatie wat hij wil en welke specifieke eisen hij stelt. Echter ook bij "normaal" beton heeft de opdrachtgever een bepaalde verwachting met betrekking tot het uiterlijk. In alle gevallen is de kans op misverstanden en mogelijk teleurstelling achteraf kleiner als de wensen met betrekking tot het uiterlijk duidelijk worden omschreven. Gelukkig geven de voorschriften ons voldoende aanknopingspunten.

5.8.1 Normen in relatie tot het uiterlijk van beton

De normen voor het ontwerpen van betonconstructies - NEN-EN 1990 t/m NEN-EN 1994 (de Eurocodes) - beperken zich tot het ontwerp en de berekening van constructies. Het uiterlijk wordt hierin niet benoemd. Ook NEN-EN 206 stelt geen bijzonder eisen aan het uiterlijk van beton bestemd voor constructies.

Voor het uiterlijk van beton moeten we naar de uitvoeringsnorm NEN-EN 13670 "Het vervaardigen van betonconstructies".

In bijlage F wordt hier een onderverdeling gemaakt in:

- Basisafwerking *Waar geen bijzondere eisen nodig zijn*
- Normale afwerking *Waar het aanzien niet van belang is of het betonoppervlak wordt voorzien van een aangebrachte afwerking*
- Egale afwerking *Waar het zichtbare effect van enig belang is.*
- Speciale afwerking *Waar speciale eisen zijn gespecificeerd.*

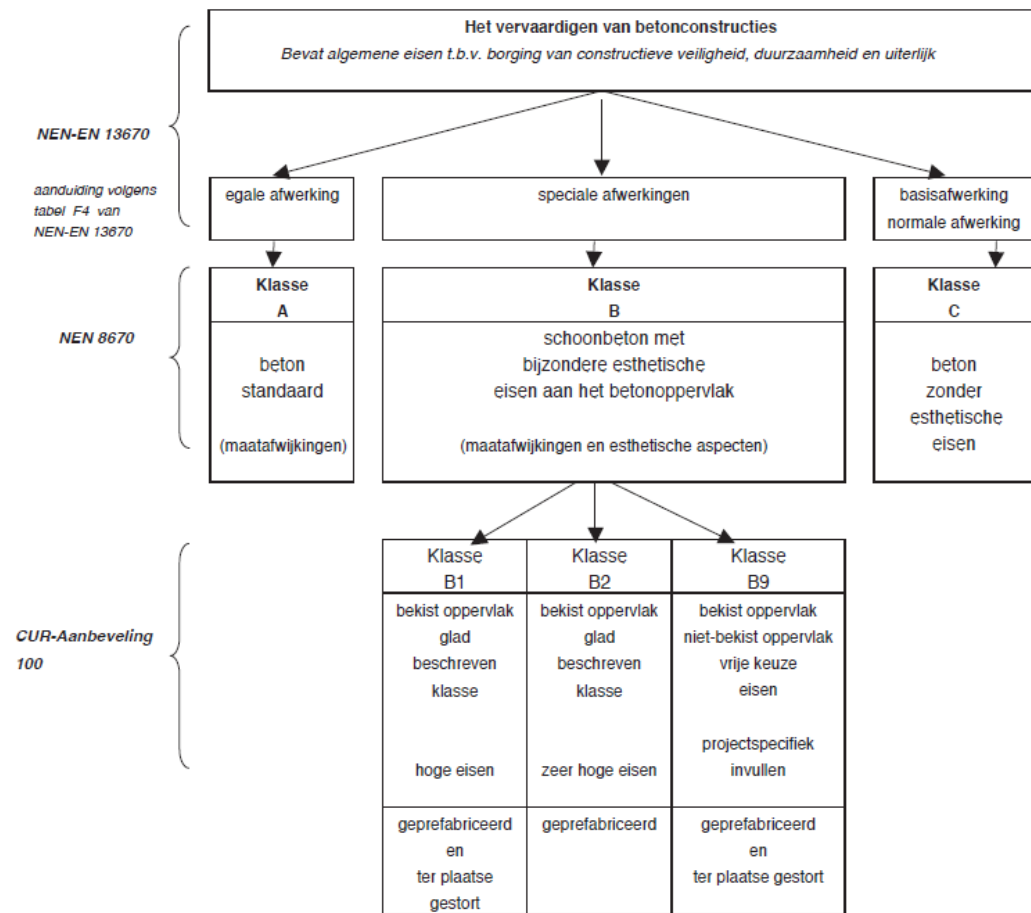
De uitvoeringsnorm NEN-EN 13670 geeft geen eisen waaraan een beton oppervlak moet voldoen. Dit is voor Nederland geregeld in de aanvullende Nederlandse norm NEN 8670: Aanvullende voorschriften voor het vervaardigen van betonconstructies (deze norm is in concept verschenen).

In deze NEN 8670 zijn de eisen aan het beton oppervlak verdeeld in klasse A, B en C.

- Klasse A omvat de standardeisen, waarbij doorgaans geen hoge esthetische eisen gelden. Deze is van toepassing bij egale afwerking conform de NEN-EN 13670.
- Klasse B is, zoals het voorschrift zegt, "een klasse met bijzondere esthetische eisen aan het betonoppervlak, die in de projectspecificatie zijn aangegeven".
- In het voorschrift worden deze eisen niet nader uitgewerkt. Deze is van toepassing op speciale afwerkingen conform de NEN-EN 13670.
- Klasse C is een klasse zonder esthetische eisen. Deze is van toepassing op de basis- en normale afwerking conform de NEN-EN 13670.

In NEN 8670 zijn alleen de standardeisen voor klasse A uitgewerkt. Tenzij in de projectspecificatie andere eisen zijn vastgelegd, zijn deze van toepassing. Voor de meeste toepassingen van schoon beton zijn deze eisen van klasse A echter te ruim. Dit betekent dat de gewenste esthetische eisen moeten worden beschreven, zoals bedoeld bij klasse B. Dit moet verder worden ingevuld door gebruik te maken van CUR-Aanbeveling 100. Een schematisch overzicht van het bovenstaande is weergegeven in tabel 5.1.

Tabel 5.1 *Esthetisch beton en de betonvoorschriften.*



5.8.2 CUR-Aanbeveling 100

CUR-Aanbeveling 100 "Schoon beton, Criteria voor de specificatie en beoordeling van betonoppervlakken" geeft invulling aan klasse B. Dit document wordt in de praktijk gebruikt om afspraken tussen partijen vast te leggen. Daarbij is deze klasse verder opgesplitst naar de klassen B1, B2 en B9.

Klasse B1 is een beschreven klasse voor gladde betonoppervlakken met hoge esthetische eisen. De hoge eisen aan het betonoppervlak zijn opgenomen in een tabel 5.2. Deze klasse kan zowel worden toegepast bij ter plaatse gestort beton als bij geprefabriceerd beton.

Klasse B2 is ook een beschreven klasse (zie tabel 5.2) voor gladde betonoppervlakken met zeer hoge eisen aan het uiterlijk van het betonoppervlak. Deze klasse is alleen bedoeld voor geprefabriceerd beton.

Klasse B9 is een onbeschreven klasse. Er is een vrije keuze mogelijk in esthetische eisen van klasse B1 of B2. Het is echter ook mogelijk om alternatieve eisen te omschrijven. Deze klasse kan zowel gelden voor bekiste als niet-bekiste oppervlakken die ter plaatse zijn gestort of zijn geprefabriceerd.

Tabel 5.2 Beoordelingsklassen B1 en B2 volgens CUR-Aanbeveling 100 (2013).

	onderwerp	klasse B1 CUR-Aanbeveling 100	klasse B2 CUR-Aanbeveling 100
	bekisting		
1	plaatnaden	≤ 2 mm (Civiel ≤ 2 mm)	≤ 1 mm
2	elementnaden	≤ 2 mm (Civiel ≤ 3 mm)	≤ 1 mm
3	bramen bij naden	≤ 2 mm (Civiel ≤ 3 mm)	≤ 1 mm
4	vlakheid klein oppervlak gemeten met rei 400 mm	≤ 2 mm (Civiel ≤ 2 mm)	≤ 2 mm
5	vlakheid groot oppervlak gemeten met rei 2000 mm	≤ 5 mm (Civiel ≤ 7 mm)	≤ 2 mm
	betonoppervlak		
6	variatie in kleur/grijs tint	vallen binnen 3 opeenvolgende schaaldelen (CUR-Grijsschaal)	vallen binnen 2 opeenvolgende schaaldelen (CUR-Grijsschaal)
7	luchtbellen plaatselijk	niet zichtbaar op 5 meter en ≤ 50 mm ² /dm ² en ≤ 1000 mm ² /m ²	niet zichtbaar op 5 meter en ≤ 20 mm ² /dm ² en ≤ 300 mm ² /m ²
8	grindnesten	≤ 50 mm ² /dm ²	niet acceptabel
9	zandstrepen	ten hoogste 1 per 10 m ²	niet acceptabel
10	kalkstrepen	niet zichtbaar op 5 meter	niet zichtbaar op 5 meter
	betonverwerking		
11	vulling aansluitingen, naden en hoeken	ten minste 98 %	100 %
12	aftekening stortnaden en stortonderbrekingen	niet zichtbaar op 5 meter	niet zichtbaar op 5 meter
	onvolkomenheden		
13	vlekken	niet zichtbaar op 5 meter	niet zichtbaar op 5 meter
14	roeststrepen vlekken door Oer of Pyriet of andere verontreinigingen	niet acceptabel	niet acceptabel
15	aftekening roeststrepen door wapening	niet acceptabel	niet acceptabel
16	aftekening wapening	niet zichtbaar op 5 meter	niet zichtbaar op 5 meter
17	aftekening stophout	niet zichtbaar op 5 meter	niet acceptabel
18	aftekening afstandhouders	niet zichtbaar op 5 meter	niet acceptabel
19	aftekening reparaties	acceptabel indien de afwijking in lokale grijs tint niet meer dan 1 schaaldeel bedraagt ten opzichte van het omringende beton. Geen hoogteverschil. Oppervlakestructuur nagenoeg gelijk aan niet gerepareerde beton	acceptabel indien de afwijking in lokale grijs tint niet meer dan 1 schaaldeel bedraagt ten opzichte van het omringende beton. Geen hoogte verschil. Oppervlakestructuur nagenoeg gelijk aan niet gerepareerde beton
20	scheuren (niet gepland)	ten hoogste 0,2 mm (Civiel geen eis)	ten hoogste 0,1 mm
	voegen		
21	voegwijdtevariatie loodrecht op vlak	geen eis	vlakwisseling ten hoogste 6 mm. Bij maximaal 10 % van het oppervlak 8 mm toegestaan
22	voegwijdtevariatie evenwijdig aan vlak	geen eis	voegbreedtewisseling ten hoogste +5 of -5 mm ten opzichte van theoretische maat. Voegverloop maximaal 5 mm

5.8.2.1

Specificeren & coördineren

Hoewel de CUR-Aanbeveling in de eerste plaats is bedoeld om de schrijver van de projectspecificatie te helpen zijn eisen eenduidig te formuleren, is erin veel meer te vinden.

De CUR-Aanbeveling start met de belangrijkste voorwaarde voor het maken van esthetisch beton: "de organisatie". Er kan nog zo duidelijk gedefinieerd zijn aan welke eisen het beton oppervlak moet voldoen. Zonder goede organisatie is de kans niet groot dat het uitdraait op een succes. De CUR-Aanbeveling stelt dat er een coördinator schoonbeton moet worden aangesteld, die ervoor moet zorgen dat iedereen van alle eisen aan het betonoppervlak op de hoogte is en dat er afstemmingsoverleg is met alle betrokken partijen over:

1. De onderdelen die als schoonbeton worden uitgevoerd
2. De uitvoeringswijze
3. De oppervlakteklassen
4. De vorm van de hoeken
5. Het bekistingpatroon en de centerpennen
6. Afwerken van centerpensparingen
7. Afwerken van hijsogen en sparingen
8. Schroef- en spijkergaten

Wat direct opvalt is dat het maken van schoonbeton verder gaat dan de werkzaamheden van een betontechnoloog.

Bedenk dat niet alleen betonsamenstelling en uitvoering invloed hebben op het uiterlijk van het betonoppervlak. Aan sommige eisen kan alleen worden voldaan indien hiermee al bij het ontwerp en de detaillering van de constructie rekening wordt gehouden. (zie tabel 5.3).

Tabel 5.3 *Enkele invloedsfactoren op het uiterlijk van beton.*

Ontwerp	Betonsamenstelling	Bekisting & ontkistingsolie	Verwerking
doorbuiging/vervorming	cementkeuze	materiaal	transport
dilataties	vulstof(fen)	structuur en textuur	wijze van storten
verdeling centerpennen	hulpstoffen	zuigvermogen	verdichting
detaillering hoeken/voegen	toeslagmateriaal	beschadigingen	nabehandeling
afwatering	korrelgradering	ontkistingsolie – samenstelling – wijze van opbrengen – hoeveelheid	verblijfstijd in bekisting
verwering/vervuiling	hoeveelheid fijn materiaal		nabewerking
	water-bindmiddelfactor		wijze van opslaan (prefab)
	consistentie		temperatuur

In de volgende paragrafen gaan we verschillende onderdelen uit de CUR-Aanbeveling 100 nader toelichten.

5.8.2.2

Ontwerp

Vormgeving en detaillering van een betonconstructie kunnen op termijn veel invloed hebben op het uiterlijk van betonoppervlakken. In de onderstaande lijst een aantal belangrijke aandachtspunten:

1. Detaillering.
Slecht gedetailleerde gevels vervuilen niet gelijkmatig, maar vertonen ophopingen van vuil; er rest nog maar één ding: schoonmaken.
2. Structuur van het gevel oppervlak
Een ruw en poreus oppervlak houdt vuil goed vast en wordt door regen niet goed schoongewassen. Tevens houdt een poreus oppervlak water langer vast, waardoor algengroei

wordt bevorderd. Een glad, dicht oppervlak zal langer schoon blijven dan een ruw, poreus oppervlak.

3. Vormgeving

De vormgeving van de gevel bepaalt hoe vuil door wind en regen over de gevel wordt verspreid. Terugliggende delen, die niet worden schoongespoeld door regenwater, vervuilen sterker dan naar voren liggende delen. Op plaatsen, waar regenwater niet gelijkmatig langs de gevel loopt, ontstaan vuilstrepen.

De vormgeving heeft een nadrukkelijke invloed op de kleurbeleving van het beton. Door de vorm kan het licht op bepaalde plekken niet goed komen wat donkerdere kleuren oplevert. Spelen met porositeit of nabewerkingen zijn ook mogelijkheden om met één beton meerdere kleuren te maken.

4. Centerpen patronen, dilataties en bekistingsnaden

Centerpenpatronen, dilataties en bekistingsnaden hebben invloed op het uiterlijk van beton. Dit kan in de ontwerpfase worden gebruikt om het uiterlijk van beton positief te beïnvloeden (figuur 5.23) Belangrijk is dat dit niet pas in de uitvoerings-fase aan het ontwerp moet worden toegevoegd. Bedenk dat als geen patroon van plaatnaden is gespecificeerd, dit in de praktijk zal worden "opgelegd" door de bekisting. In dat geval wordt het patroon van plaatnaden en centerpenen, dat bijvoorbeeld volgt uit het toepassen van een systeembekisting, geaccepteerd.



Figuur 5.23 Schoon betonwand met patroon van "opgelegde" bekistingsnaden en centerpenen.

5.8.2.3

Betonsamenstelling

Over de invloed van de gebruikte materialen in beton op het uiterlijk is reeds genoeg gesproken in dit hoofdstuk. De CUR-Aanbeveling 100 geeft echter nog een aantal extra eisen aan de betonsamenstelling. Hieronder een overzicht van de belangrijkste:

1. Stabiliteit

Een betonmengsel moet stabiel zijn. Daarom een speciale eis aan de minimale hoeveelheid fijn materiaal. Door ontmenging kunnen dichtheidsverschillen ontstaan die tot kleurverschillen leiden.

2. Minimale hoeveelheid fijn materiaal

Voor een goede samenhang moet extra aandacht worden besteed aan de korrelgradering. Er is een verhoogde hoeveelheid fijn materiaal (< 0,250 mm) nodig en niet te veel water.

Voor het verkrijgen van een goede oppervlakte-structuur kan een minimum gehalte van 160 liter per m³ fijn materiaal als richtlijn worden aangehouden.

3. Vlekken vanuit toeslagmateriaal
Voor toeslagmateriaal, bestemd voor schoon beton, geldt als eis dat de "vlekken-index" ten hoogste 20 mag zijn. Ook mag in schoon beton geen beton-, metselwerk- of menggranulaat worden toegepast.
4. Materialen van één bron
Bij het produceren van betonspecie voor schoon beton moet de dosering van alle grondstoffen worden beheerst en bij de verschillende leveringen aan één project moeten kleurverschillen tussen partijen grondstoffen (cement, vulstoffen) worden vermeden.

Vlekkenindex toeslagmateriaal (toelichting)

In toeslagmaterialen kunnen ijzer- en vanadiumhoudende bestanddelen voorkomen die heel storende vlekken op het betonoppervlak kunnen veroorzaken. Om te beoordelen of deze bestanddelen voorkomen is in CUR-Aanbeveling 100 "Schoon beton" een bijlage (bijlage H) met een beproevingsmethode opgenomen: "Bepaling van de aanwezigheid van vlekkenveroorzakende ijzer- en vanadiumverbindingen". Bij deze proef worden monsters van het toeslagmateriaal in filtreerpapier gebracht en een bepaalde tijd aan stoom blootgesteld. De ijzer- en vanadiumverbindingen zetten zich op het filtreerpapier als vlekken af. De omvang van deze vlekken wordt via voorbeeldafbeeldingen gekoppeld aan een "vlekkenindex". Vlekkenindex '0' staat voor "geen vlekvorming", '20' voor "zeer lichte vlekvorming", en verder in stappen oplopend tot '100': "zeer sterke vlekvorming".

5.8.2.4

Bekisting en ontkistingsolie

De bekisting en de ontkistingsolie hebben zo ook hun invloed op het eindresultaat. Hieronder de belangrijkste aspecten die CUR-Aanbeveling 100 aangeeft:

1. Hoeveelheid ontkistingsolie
De ontkistingsolie moet gelijkmatig en dun worden aangebracht. Teveel olie levert vlekken op en te weinig geeft problemen met ontkisten. Gelijkmatig aanbrengen is belangrijk omdat er anders kleurverschillen kunnen ontstaan door verschil in dichtheid van de oppervlakken.
2. Type bekisting
Een bekisting kan zuigend of niet-zuigend zijn en alles daar tussen in. Dit heeft invloed op de waterhoeveelheden in het oppervlak van beton en daarmee de dichtheid. De dichtheidsverschillen van het beton hebben op hun beurt weer invloed op de kleur.
3. Voorkomen van leknaden
Als bekisting gaat lekken bij de naden geeft dit verstoringen in het uiterlijk van beton. Dit moet bij schoonbeton worden voorkomen.

5.8.2.5

Verwerking

Bij het verwerken van de betonspecie en het vervaardigen van het definitieve eindproduct, geeft de CUR-Aanbeveling als belangrijkste aandachtspunten:

1. Voorkomen van roestaftekening door de wapening
Om aftekening van wapening op de bekisting (roest) te voorkomen moet de wapening tegen regen worden afgeschermd zodra deze omgeven wordt door bekisting, of er moeten andere maatregelen worden genomen zoals het reinigen van de bekisting vóór het storten.

2. Voorkomen van stortonderbrekingen
Om aftekening van stortfronten te voorkomen moet het stort zonder onderbreking worden voltooid.
3. Betonspecie niet laten spatten tegen de bekisting
Het spatten van de betonspecie tegen de bekisting leidt tot een verhoging van het aantal luchtbellen in het oppervlak. De CUR-Aanbeveling 100 beschrijft een maximale valhoogte van 1 m.
4. Gelijkmatig verdichten
Tijdens het verdichten met trilnaalden gaat de betonspecie stromen en ontstaan lokale verschillen in de verdeling van fijn materiaal. Dit kan leiden tot lokale ontmengingen, dichtheidsverschillen en daarmee kleurverschillen.
5. Nabehandeling
Volgens CUR-Aanbeveling 100 mag (uiteraard voor bekiste oppervlakken) nabehandeling uitsluitend plaatshebben in de vorm van het laten staan van de bekisting of, bij geprefabriceerd beton, door opslag in een van weersinvloeden afgeschermd ruimte met een temperatuur van ten minste 18 °C en een relatieve luchtvochtigheid van circa 70%. Voor schoon beton is nabehandelen met een curing compound of het afdekken met folie niet wenselijk vanwege mogelijke vlekvorming.
6. Ontkisten op gelijke rijpheid
Verschillen in sterkte of verblijftijd in de bekisting kunnen kleur- of grijstint-verschillen opleveren. Daarom moet ontkisten bij een gelijke gewogen rijpheid van het beton plaatshebben.
7. Afwerking
Het uiteindelijke resultaat wordt mede bepaald door de afwerking van het betonoppervlak. Centerpengaten en hijsankersparingen moeten eventueel worden afgewerkt. Dit heeft veel invloed op het uiterlijk van het beton. Wijze van afwerken, kleur van eventueel gebruikte mortel enz. moeten vooraf worden overeengekomen. Eisen aan de mortel en voorbeelden van afwerkingen van centerpennen zijn opgenomen in de CUR-Aanbeveling 100.
8. Transport en opslag van prefab betonelementen
Hijsen en transporteren van prefab betonelementen betekent risico's op beschadigingen. Het gebruik van hijsbanden, of de materialen waarmee elementen worden vastgezet op transport, zijn hier voorbeelden van. Een belangrijke die reeds besproken is, gaat over de opslag en het effect van stophout of andere onder-steuningsmateriaal op de keur van beton. De wijze van opslag (verticaal/ horizontaal), de duur, de weersomstandigheden zijn allen van invloed op de verdere verharding van het oppervlak en daarmee op kleur en structuur.
Om de invloed van het weer op de verharding te verminderen, wordt er soms voor gekozen de elementen voor een langere periode overdekt op te slaan.
9. Conserveren
Om het fraaie betonoppervlak langdurig te behouden, kiezen sommige producenten voor een aanvullende oppervlakteconservering in de vorm van bijvoorbeeld hydro-foberen of impregneren. Omdat deze bewerkingen het aanzien van het beton-oppervlak beïnvloeden, moeten ook deze bewerkingen vooraf worden overlegd.

5.9 Veel voorkomende onvolkomenheden

Ondanks alle zorg van de verschillende bij de bouw betrokken disciplines (ontwerper, constructeur, aannemer, toeleverancier) kunnen tijdens de bouw onvolkomenheden ontstaan of voldoet het eindresultaat niet aan de verwachting van de opdrachtgever, al is in de meeste gevallen niet echt sprake van een "gebrek". Veel verschillen in de kleur, oppervlaktestructuur

en sommige onvolkomenheden zijn verklaarbaar op basis van de "gebruikelijke spreiding" in de betonsamenstelling en de gebruikte grondstoffen. Tijdens de uitvoering hebben de keuze van de bekistingsmaterialen, de wijze van verdichten, afwerken en nabehandelen hun invloed.

In deze paragraaf kijken we naar de meest voorkomende onvolkomenheden en onregelmatigheden in betonoppervlakken. Waar mogelijk wordt steeds aangegeven hoe deze onvolkomenheden kunnen ontstaan, of, en zo ja hoe, ze hersteld kunnen worden en hoe ze kunnen worden voorkomen.

5.9.1 Blauwverkleuring

Wat is het?

Blauwverkleuring van betonoppervlakken is een fenomeen dat kan optreden bij gebruik van hoogovencement (CEM III) of van bindmiddelen die hoogovenslak bevatten. Indien een verhardend betonoppervlak goed afgesloten van de lucht is gebleven - bijvoorbeeld in een stalen- of kunststof bekisting - is na het ontkisten het betonoppervlak blauw van kleur.

Dit komt doordat hoogovenslak veel zwavel bevat dat samen met ijzer- en mangaanionen reageert tot ijzersulfide en mangaansulfide. Beide verbindingen geven hoogovencement-beton de typerende blauwe kleur.

Door inwerking van zuurstof uit de lucht reageren deze verbindingen tot respectievelijk ijzersulfaat en mangaansulfaat. Deze verbinding is kleurloos en de blauwe kleur in het beton verdwijnt.



Figuur 5.24 Blauwverkleuring.

Bij een dichte structuur van het betonoppervlak of bij een betonconstructie die lange tijd in de bekisting is gebleven, bijvoorbeeld kolommen die aldus tegen beschadiging worden beschermd, kan het soms erg lang duren voordat de blauwkleuring is verdwenen!

Voorkomen/herstellen?

Bij schoon beton is het daarom aan te bevelen de verblijftijd in de bekisting niet te veel te laten variëren.

5.9.2

Craquelé

Wat is het?

Craquelé kan worden omschreven als een grillig patroon van haarscheurtjes/barstjes in een glad (ontkist) betonoppervlak. Hoewel visueel absoluut niet fraai, is dit verschijnsel door de geringe dieptewerking niet van betekenis voor de duurzaamheid.



Figuur 5.25 Craquelé is een grillig netwerk van fijne, ondiepe scheurtjes.

De samenstelling van de betonhuid wijkt in dit geval enigszins af van het onderliggende beton. Vaak is de oorzaak een lichte ontmenging aan het oppervlak, waardoor de betonhuid wat cementrijker is. Vooral als tijdens het verdichten een stalen bekisting door trilnaalden plaatselijk in trilling wordt gebracht, kan craquelé ontstaan. Ook bij beton met een zeer dichte structuur en hoge sterkte kan craquelé ontstaan. Craquelé komt ook voor in de toplaag van monoliet afgewerkte betonvloeren.

Voorkomen/herstellen?

Preventieve maatregelen ter voorkoming van craquelé:

- Vermijd dichtglanzend bekistingsmateriaal in combinatie met samenstellingen met een hoog cement- en/of vulstofgehalte.
- Voorkom snelle afkoeling van het betonoppervlak bij ontkisten.
- Behandel zorgvuldig na (niet te snel ontkisten).

5.9.3 Donker, glanzende en glazige plekken

Wat is het?

Het kleurverschil dat we zien is een porositeitverschil in het betonoppervlak. Dit kan zijn veroorzaakt door langdurige verdichting. Mogelijk in combinatie met stalen, of gepolijste houten bekistingen. Het zijn plaatselijke concentraties van fijne delen.



Figuur 5.26 Donker, glanzend en glazig uiterlijk.

Voorkomen/herstellen?

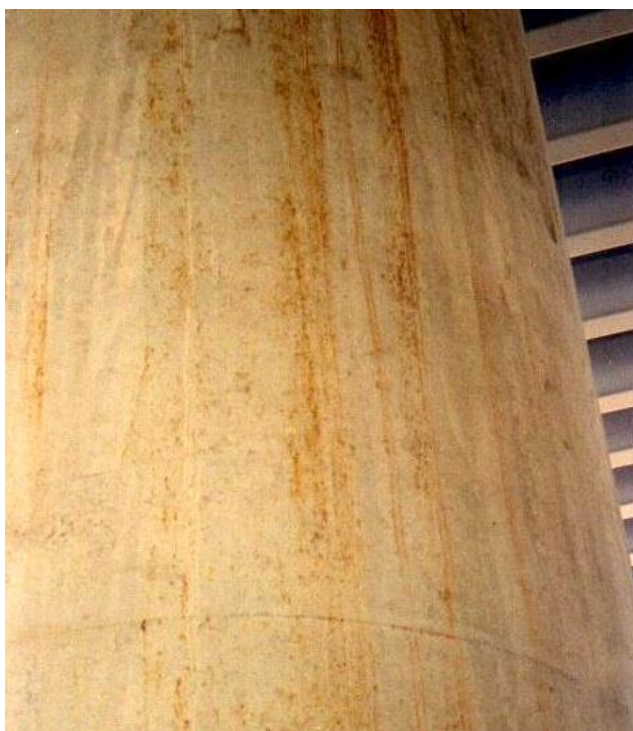
Zorg voor een gelijkmatige verdichting. Mogelijk kan het pasta-aandeel (hoeveelheid fijne delen) iets worden verlaagd.

5.9.4 Roeststrepen aan het oppervlak

Wat is het?

De naam zegt het al, het zijn roestafzettingen aan het betonoppervlak. Er zijn twee mogelijke oorzaken. Als eerste is dit het geval wanneer tussen het aanbrengen van de wapening en het storten te veel tijd verloopt, zonder dat de wapening tussentijds afdoende wordt beschermd. Aflopend roestwater kan zich op de onderliggende bekisting afzetten en later zichtbaar worden aan het betonoppervlak.

Een tweede mogelijke oorzaak is afstromend roestwater afkomstig van uitstekende en nog onbeschermd wapening tijdens de bouwfase. Dit is op de onderstaande foto weergegeven.



Figuur 5.27 Roeststrepen aan het betonoppervlak door afstromend roestwater van onbeschermd stekeinden.

Voorkomen/herstellen?

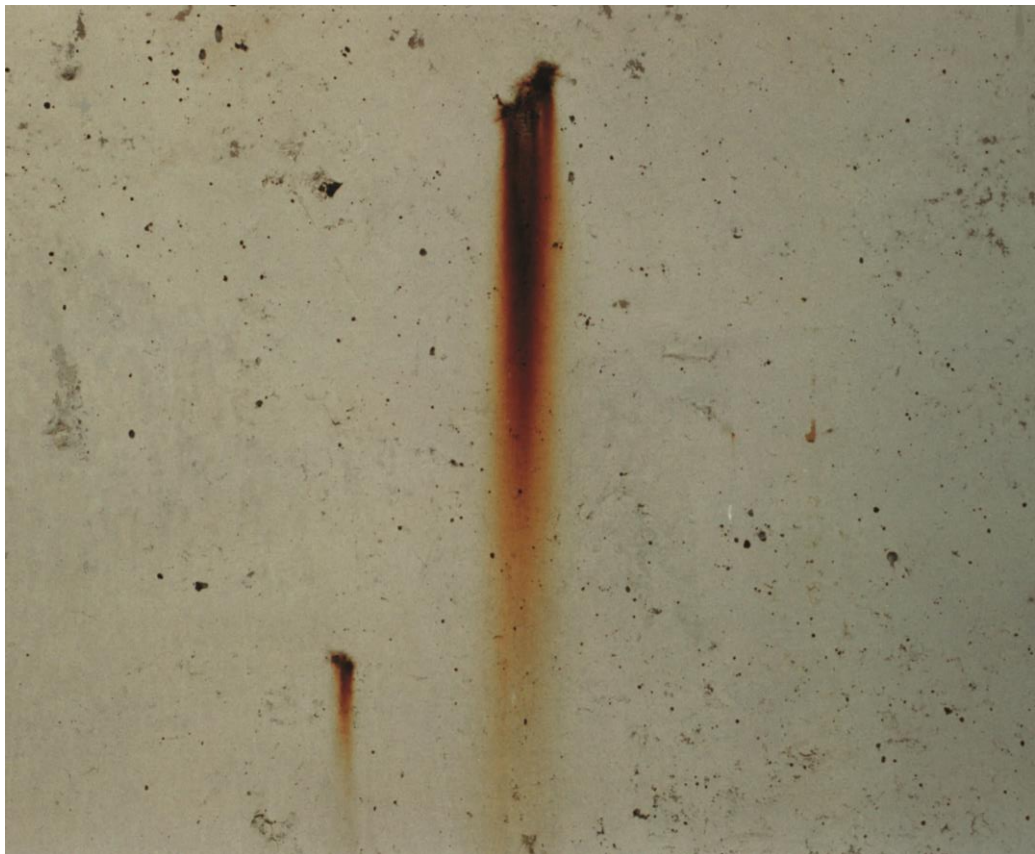
De wapening, of uitstekende stekken beschermen tegen regenwater tijdens de bouwfase.

5.9.5 Roest uitloging / Oer

Wat is het?

Dit soort vlekken ontstaat door verontreinigingen van het toeslagmateriaal. Meestal gaan ze gepaard met een popout. Bekend zijn:

1. Oerhout. Het versteende hout is meegekomen met het toeslagmateriaal en ligt aan het oppervlak van het beton. Met afstromend water geeft het versteende hout bruin organisch materiaal af dat strepen veroorzaakt.
2. Pyriet. Dit zijn toeslagkorrels met een hoge concentratie ijzer. Het afstromende water neemt nu ijzerverbindingen mee als streep (roestwater) op het oppervlak.



Figuur 5.28 Roestvlek met strepen door Oer of Pyriet.

Voorkomen/herstellen?

De enige manier om de kans hierop te verkleinen is het toeslagmateriaal hierop te controleren. Beperk ook de kans op verontreinigingen tijdens de opslag van toeslagmateriaal.

5.9.6 Kleurverschillen door stortlagen

Wat is het?

Aftekening van stortlagen kunnen ontstaan door:

- Lange wachttijden tussen het storten van het beton;
- Bij wat minder stabiele betonspecie kunnen de scheidingslagen zichtbaar worden door enige ontmenging. In het bijzonder bij het werken met donker gekleurde vulstoffen (silica fume; poederkoolvliegias)
- Bij zeer thixotrope betonmengsels kan er een velvorming op het betonoppervlak ontstaan. Ook dit kan als aftekening van stortlagen zichtbaar worden.



Figuur 5.29 Aftekening van stortlagen.

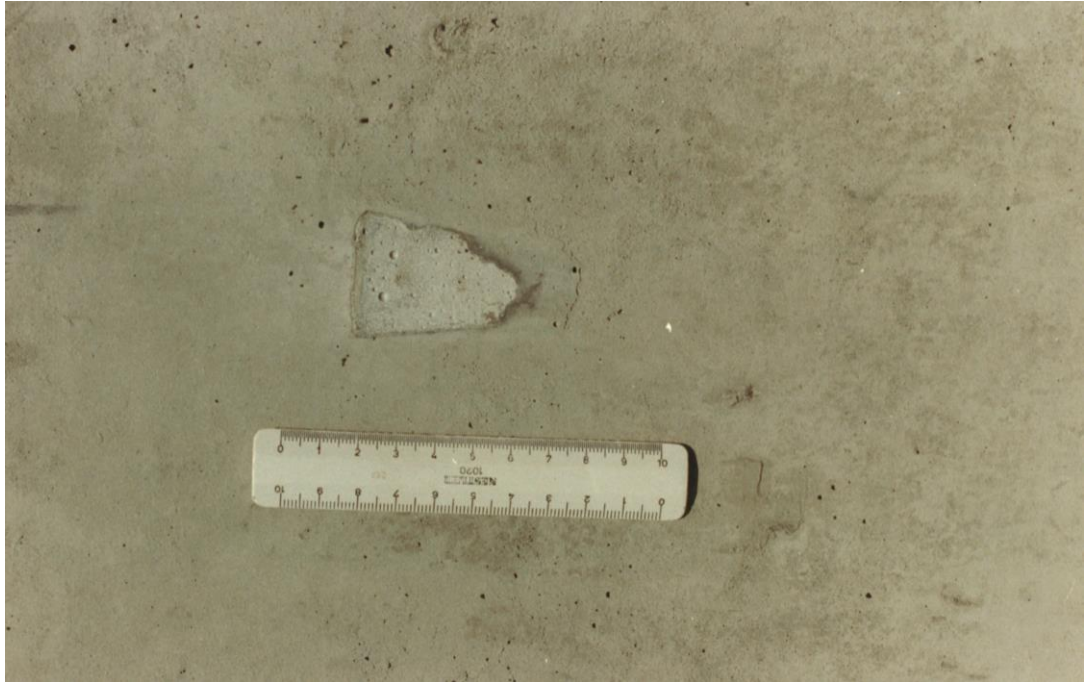
Voorkomen/herstellen?

Werk met een voldoende stabiele betonspecie, voorkom wachttijden tussen het storten van de verschillende lagen en maak het beton niet te thixotroop.

5.9.7 Aftekenen van afstandhouders, dekkingsblokjes

Wat is het?

De gebruikte afstandhouders en/of dekkingsblokjes op de wapening kunnen, zeker wanneer ze in kleur en/of structuur afwijken, aan het oppervlak zichtbaar aftekenen.



Figuur 5.30 Dekkingsblokje zichtbaar aan het oppervlak.

Voorkomen/herstellen?

Het is verstandig vooraf vast te stellen hoe zichtbaar de afstandhouders zullen zijn in het betonoppervlak. Daarnaast moet de bekisting wel bestand zijn tegen de druk van de afstandhouder, anders kan de afstandhouder in bijvoorbeeld het bekistingshout worden gedrukt, met uitstekende, naar voren komende, afstandhouders tot gevolg.

5.9.8 Vervuiling van de bekisting

Wat is het?

Vervuiling of verontreiniging in de bekisting door bijvoorbeeld resten binddraad, schroeven, stof, roet, enz. kan lokale kleurafwijkingen opleveren.



Figuur 5.31 Kleurverschil, als gevolg van vervuilde bekisting.

Voorkomen/herstellen?

De bekisting voor de stort goed schoonmaken.

5.9.9 Verkleuringen door ontkistingsolie

Wat is het?

Als de ontkistingsolie in te grote laagdikte wordt aangebracht, kunnen kleurverschillen ontstaan.



Figuur 5.32 Kleurverschil als gevolg van plaatselijk teveel ontkistingsolie.

Voorkomen/herstellen?

De ontkistingsolie gelijkmatig en dun aanbrengen.

5.9.10 Zandlopers

Wat is het?

Zandlopers of zandstrepen worden veroorzaakt door watertransport langs het (bekistings-) oppervlak naar boven. Vaak bij hogere wanden is het risico groter op het ontstaan hiervan.

Meestal ligt de oorzaak in het verwerken van een minder stabiele betonspecie. Een wat minder stabiele bekisting, die gaat meetrillen bij het verdichten, kan ook het risico op ontmenging aan het oppervlak en daardoor zandlopers of watergangen veroorzaken.



Figuur 5.33 Zandstreep ontsiert het beeld.

Voorkomen/herstellen?

Dit fenomeen kan worden voorkomen door de stabiliteit (het aandeel fijn materiaal) van de betonspecie te verhogen.

5.9.11 Grindnesten

Wat is het?

Grindnesten in beton kunnen ontstaan door verschillende oorzaken.

- Onvoldoende fijn materiaal in betonspecie. Zelfs bij een correcte en volledige verdichting zullen holtes overblijven.
- Onvolledige verdichting. Vaak wordt onvoldoende rekening gehouden met het feit dat een wapening plaatselijk zeer dicht kan zijn, waardoor de betonspecie maar moeilijk op alle plaatsen komt. Soms zijn delen van een bekisting slecht bereikbaar met de trilnaald. Juist deze delen vragen veel aandacht bij het verdichten. Eventueel moet aangepaste verdichtingsapparatuur worden gebruikt of het mengsel worden aangepast (bijvoorbeeld fijner grof toeslagmateriaal en/of verhogen van het fijnaandeel).
- Ontmenging tijdens het storten: te grote valhoogte; geen stortkoker gebruikt bij hoge wapeningsdichtheid.
- Slechte aansluiting op eerder gestort beton (bijv. grove en uitgedroogde stortnaad).
- Vervuiling of achtergebleven water in de bekisting. Simpel gezegd, waar al materiaal in de bekisting aanwezig is, kan geen betonspecie meer komen. Inspecteer daarom de bekisting voorafgaand aan het storten en verhelp de onregelmatigheden.
- Lekkende bekisting of bekistingsnaden, waardoor cementpasta is weggelekt.



Figuur 5.34 Holle ruimtes als gevolg van onvoldoende verdichting met grindnesten tot gevolg.

Voorkomen/herstellen?

Dit fenomeen kan worden voorkomen door:

- te zorgen dat de betonspecie niet ontmengt,
- te zorgen dat de verwerkbaarheid voldoende is om de verdichtbaarheid te waarborgen,
- te zorgen dat je overal kunt verdichten,
- geen vervuiling in de kist en geen lekkende bekisting, en het gebruik van een stortkoker indien nodig om de valhoogte te beperken.

5.9.12 Lekkende bekisting

Wat is het?

Lekkende bekistingsnaden zijn vaak de oorzaak van verkleuringen en andere onvolkomenheden in het betonoppervlak. De naad zelf tekent zich af als een wat zanderige streep. Daaromheen is een donkere verkleuring zichtbaar. Het weglekkende water heeft door filterwerking zeer fijn materiaal, hoofdzakelijk cement, in deze omgeving afgezet. Daardoor is plaatselijk de water-cementfactor zeer laag. Waarden voor de water-cementfactor van ongeveer 0,3 zijn geen uitzondering. Deze plekken met lagere water-cementfactor hebben een donkerder kleur. Wanneer het storten in etappes plaatsheeft, moet extra aandacht worden besteed aan het afdichten van de randen van de bekisting. Weglekkend water geeft hier, naast mogelijke kleurafwijkingen aan het bekiste deel, tevens kalkstrepen op het onderliggende, reeds ontkiste beton.



Figuur 5.35 Lekkende bekisting.

Voorkomen/herstellen?

Zorgen dat de bekistingsplaten of -elementen goed op elkaar aansluiten.

5.9.13 Mosaangroei / algvorming

Wat is het?

Bij de veroudering van beton kan er algvorming en mosaangroei plaatsvinden. Dit is een duidelijke verandering van het uiterlijk van beton. Algen en mossen zijn organismen die afhankelijk van de vochtcondities en de zoninstraling zich manifesteren op een betonoppervlak. De eigenschappen van het beton zijn hierin ondergeschikt. Bedenk dat ook op materialen als kunststof en glas algvorming veel voorkomt.

Naast dat algen en mossen esthetisch niet altijd fraai zijn, bestaat de kans dat betonoppervlakken met algen iets sneller verweren. Bij mosaangroei moeten we bedenken dat er onder het mos veel water wordt vastgehouden. Als alle poriën van beton daarmee worden gevuld, geeft dit een verhoogd risico op vorstschade.



Figuur 5.36 Veroudering: Mosaangroei op een betonoppervlak.

Voorkomen/herstellen?

Het is niet eenvoudig begroeiing van beton te voorkomen. Het begint bij het ontwerp. De belangrijkste vraag is: "Waar blijft het water? En waar blijft een constructie lang vochtig?"

5.9.14 Kalkuitslag

Wat is het?

Aan het oppervlak van beton ontstaat soms kalkuitslag, ook wel kalkuitbloei of witte uitslag genoemd. Het poriewater in beton bevat vrije kalk (calciumhydroxide). Dit komt door vochttransport aan het betonoppervlak. Daar kan het reageren met koolzuur uit de lucht. Hierbij ontstaat calciumcarbonaat. Dit is wit van kleur en moeilijk oplosbaar in water. Kalkuitslag komt in het bijzonder voor op plaatsen waar watertransport door of langs het beton mogelijk is, bijvoorbeeld bij scheurvorming of bij doorvoeringen. Soms ontstaan zelfs kalkpegels.

Dit fenomeen zien we ook veel op tasvelden van prefab-betonfabrieken. De opslag van betonelementen speelt hierbij een belangrijke rol.



Figuur 5.37 Witte uitslag; er heeft lang water gestaan op dit antraciet betonelement.

Voorkomen/herstellen?

Voorkom bij de opslag van betonelementen dat er water op/in blijft staan. Daarnaast is het verstandig de betonelementen de eerste dagen binnen op te slaan zodat ze niet met een te lage hydratatiegraad buiten worden geplaatst en er makkelijk veel water naar het oppervlak kan worden getransporteerd.

5.9.15 Aftekening stophout

Wat is het?

Bij de opslag van prefab elementen worden deze vaak ondersteund door stophout. Houten balken of kunststof noppen. Vooral hout dat nat blijft/is, zorgt voor een betere lokale nabehandeling, met een dichtere structuur tot gevolg. Dit kleurt het betonoppervlak donkerder.



Figuur 5.38 Aftekening stophout.

Voorkomen/herstellen?

Gebruik stophout liever niet aan de zichtzijde van een element. Gebruik daarnaast zo min mogelijk absorberende materialen.

5.9.16 Grijstint verschillen door bekistingsmateriaal

Wat is het?

Dit kleurverschil ontstaat door een verschil in porositeit van het beton oppervlak als gevolg van het toepassen van gebruikte en nieuwe bekistingsplaten door elkaar heen. De nieuwe platen geven een donkerder uiterlijk. Het beton is dichter dan bij het toepassen van de gebruikte platen.



Figuur 5.39 Bekisting eerste stort met sparingen.(Bron Sholz).



Figuur 5.40 Bekisting hergebruikt, tweede stort zonder sparingen. (Bron Sholz).

Voorkomen/herstellen?

Gebruik geen oude en nieuwe bekistingsplaten door elkaar heen.

5.9.17 Aftekening van de wapening

Wat is het?

Er is een streeppatroon zichtbaar dat overeenkomt met de wapening. Het beton ter plaatse van de wapening is dichter van structuur en heeft dientengevolge een donkerdere kleur. De oorzaak kan zijn:

- meetrillen van de wapening tijdens het verdichten
- meetrillen van de wapening tijdens het storten
- pastarijke laag als de wapening dicht bij het oppervlak en de grote toeslagkorrels hier minder makkelijk kunnen komen door bijvoorbeeld een minder goed verwerkbaar specie.



Figuur 5.41 Aftekening van de wapening.

Voorkomen/herstellen?

Wapening niet laten meetrillen tijdens het storten en verdichten van de specie. Daarnaast niet een te grote maximale korrel kiezen en de verwerkbaarheid verbeteren.

