

Nabehandelen

De nazorg van vers gestort betonwerk wordt nabehandelen genoemd. Doel van het nabehandelen is om het water in het verhardende beton vast te houden en niet te laten verdampen. De kwaliteit van beton hangt in belangrijke mate af van de wijze waarop pas gestort beton gedurende de eerste tijd na het storten wordt nabehandeld. De tijdsduur van de nabehandeling is afhankelijk van de omgevingstemperatuur. Goed nabehandeld beton is duurzaam. Welke methode van nabehandeling wordt aanbevolen?



Cement en water vormen cementlijm

We maken betonspecie door grind, zand, cement en water te mengen. Alle korrels zand en grind zijn omgeven door een mengsel van cement en water, de cementlijm. Enkele uren na het mengen van de betonspecie vormt zich op de cementkorreltjes een laagje cementsteen, het reactieproduct van cement en water (figuur 1).

Alle cementlijm wordt omgezet in cementsteen, net zolang tot het water of het cement op is. De cementsteen groeit tussen de korrels toeslagmateriaal en lijmt ze aan elkaar.

In het begin zit er veel water in het beton. Geleidelijk komt er steeds meer cementsteen tussen de korrels en het water raakt op. Dat is een langzaam proces. Na een paar dagen is het beton al tamelijk hard en sterk, maar nog lang niet zo hard, sterk en dicht als het maximaal kan worden. Het verharden gaat nog maanden door en al die tijd wordt het beton steeds sterker en dichter.

De mate van verharding (sterkte en dichtheid) is afhankelijk van een groot aantal factoren, zoals verhardingstijd, cementsoort, de temperatuur en de verhouding tussen water en cement (water-cementfactor).

Gebouw Cementrum
Sint Teunislaan 1
5231 BS 's-Hertogenbosch
Postbus 3532
5203 DM 's-Hertogenbosch

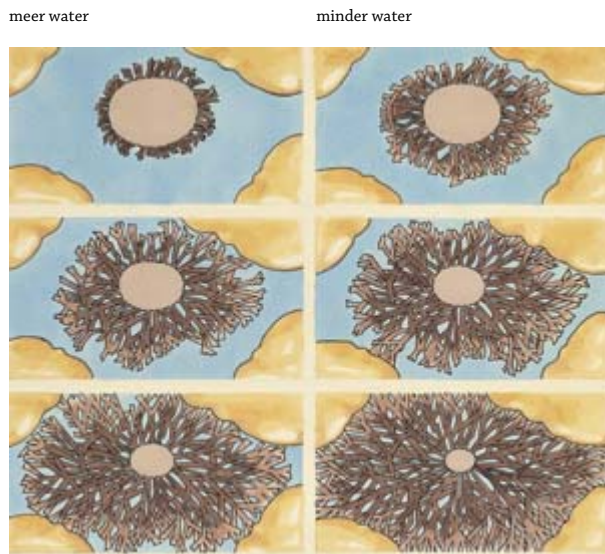
t. 073 640 12 31

f. 073 640 12 84

info@cementenbeton.nl

www.cementenbeton.nl

Figuur 1 Tijdens het verhardingsproces krijgt het beton een steeds dichtere structuur

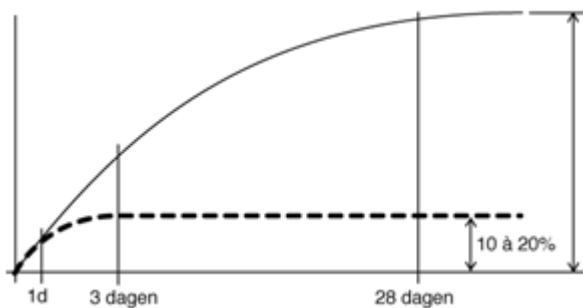


Verdampen van water

De eerste dagen na het stort is er nog veel water in het beton aanwezig. Vooral bij mooi weer en wind zal dat water gemakkelijk verdampen.

Het betonoppervlak wordt dan droog. Maar als het water verdampst is, kan het cement geen cementsteen meer vormen (figuur 2).

Figuur 2 Sterkteontwikkeling in geval de verharding al dan niet na 1 dag wordt onderbroken



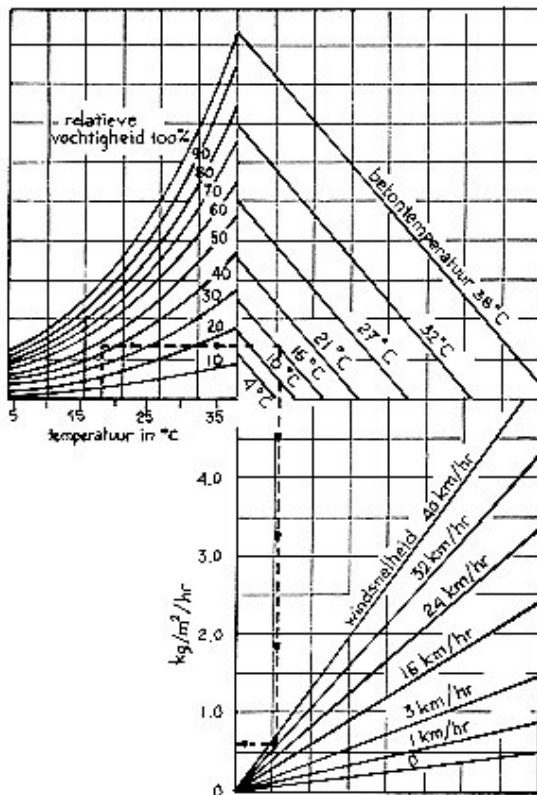
De buitenlaag van het beton wordt dan niet dicht, sterk en duurzaam. De mate van verdamping van water uit beton is afhankelijk van een aantal factoren, de omgevingscondities (tabel 1).

Sommige omstandigheden zijn zeer kritisch, zoals 'schraal weer' in het voor- en het najaar. Bij matige zonneschijn, een lage relatieve luchtvochtigheid en veel wind kan in korte tijd veel water uit het beton verdampen (figuur 3).

Tabel 1 Het verdampen van water uit beton

Omgevingscondities	Mate van verdamping
Lage relatieve vochtigheid	hoog
Hoge temperatuur	hoog
Hoge windsnelheid	hoog
Felle zonneschijn	hoog

Figuur 3 Relatie omgevingscondities en mate van verdamping



Duur van de nabehandeling

Hoe lang we beton moeten nabehandelen is afhankelijk van de ontwikkeling van de betonkwaliteit in de buitenhuid van een betonconstructie. Volgens NEN 6722, Voorschriften Beton - Uitvoering, kan de duur van de nabehandeling worden bepaald door middel van het meten van de sterkte aan het oppervlak of door toepassen van een tabel.

De betonsterkte in het oppervlak moet tenminste 50% van de voorgeschreven sterkteklasse bedragen. Als voor het bepalen van de nabehandelingsduur niet wordt uitgegaan van de betonsterkte in het oppervlak, geldt voor de minimale nabehandelingsduur tabel 3.

Sterkte-ontwikkeling van beton in het werk

De sterkteontwikkeling van beton is in te delen in snel, matig en langzaam (tabel 2). Parameters als water-cementfactor, sterkteklasse van het cement en de aard van eventueel toegepaste hulpstoffen zijn in belangrijke mate bepalend voor de sterkteontwikkeling.

De sterkteontwikkeling wordt uitgedrukt als de verhouding tussen de waarde van de kubusdruksterkte na 2 dagen en na 28 dagen verharden. De sterkteontwikkeling moet zijn gebaseerd op gegevens uit een geschiktheidsonderzoek, of de druksterkte van beton met een gelijkwaardige samenstelling.

Tabel 2 Sterkteontwikkeling van beton bij 20°C volgens NEN-EN 206-1

Sterkteontwikkeling	Ontwikkeling sterkteverhouding $f_{cm,2}/f_{cm,28}$
Snel	$\geq 0,5$
Normaal	$\geq 0,3 - < 0,5$
Langzaam	$\geq 0,15 - < 0,3$
Zeer langzaam	$< 0,15$

Bepalen van de nabehandelingsduur

Hoe lang we moeten nabehandelen hangt af van de volgende factoren:

- de sterkteontwikkeling van het beton in het werk;
- de temperatuur in het betonoppervlak.

Bij temperatuur boven de 5°C en samengesteld met een normaal cement is voor beton geleverd in milieuklasse XC1 nabehandeling gedurende een halve dag voldoende.

Bij de overige milieuklassen is de sterkteontwikkeling in het betonoppervlak bepalend. Daarvoor kunnen we gebruik maken van rijpheidsberekeningen of temperatuurgestuurde verhardingskubussen. De bijbehorende temperatuurmetingen vinden plaats op een diepte van maximaal 10 mm onder het betonoppervlak. Dit geldt ook voor de plaatsing van het thermokoppel dat het waterbad van de verhardingskubussen aanstuurt. NEN 6722 geeft ook de ruimte om de rijpheidsberekeningen te baseren op de gemiddelde dagelijkse luchttemperatuur. Deze benadering is echter erg grof en zal altijd resulteren in een langere nabehandelingsduur omdat de temperatuur in de betonconstructie vrijwel altijd hoger zal zijn dan de omgevingstemperatuur. Tabel 3 is gebaseerd op een vergelijkbare tabel uit NEN 6722, Voorschriften beton - Uitvoering. De sterkteontwikkeling van het beton ($r = f_{cm,2} / f_{cm,28}$) is de verhouding tussen de gemiddelde kubusdruksterkte na 2 dagen en na 28 dagen bij 20°C. Deze berekening mag gebaseerd zijn op de resultaten van een geschiktheidsonderzoek of de sterkte van beton met een gelijkwaardige samenstelling. Voor de temperatuur aan het betonoppervlak kan voor ter plaatse gestort beton meestal de gemiddelde etmaaltemperatuur worden aangenomen.

Tabel 3 Minimale nabehandelingsduur in dagen voor beton volgens NEN 6722 in alle milieuklassen (uitgezonderd milieuklasse XC1)

periode van nabehandeling in dagen				
Temperatuur (t) aan betonoppervlak in °C	sterkteontwikkeling van het beton			
	snel	normaal	langzaam	zeer langzaam
$t \geq 25$	1	1,5	2	3
$25 > t \geq 15$	1	2	3,5	5
$15 > t \geq 10$	2	4	7	10
$10 > t \geq 5^1)$	3	6	10	15

¹⁾ Bij temperaturen lager dan 5°C moet de duur van de nabehandeling worden verlengd met een periode gelijk aan die waarin de temperatuur lager dan 5°C was.

Voorbeelden van aantal dagen nabehandeling

Voorbeeld 1

Beton C20/25, milieuklasse XC3 voor een kelderwand.

Uit geschiktheidsonderzoek blijkt dat de kubusdruksterkte van het toegepaste mengsel na 2 dagen 11 N/mm² en na 28 dagen 41 N/mm² bedraagt.

$f_{cm,2} / f_{cm,28} = 0,29$ (langzaam)

Gemiddelde etmaaltemperatuur 18 °C

Aantal dagen nabehandelen volgens tabel: 3,5 dag

Bij een gemiddelde etmaaltemperatuur van 12 °C wordt dit echter 7 dagen.

Voorbeeld 2

Beton C20/25, milieuklasse XC3 uitgevoerd in warme gietbouw.

Men mag de volgende dag ontkisten als het beton een druksterkte van 14 N/mm² heeft bereikt.

Dan wordt voor het nabehandelen altijd voldaan aan de sterkte-eis van 50% van de voorgeschreven sterkteklasse, in dit geval 50% van 25 N/mm² = 12,5 N/mm².

Na ontkisten is geen nabehandeling meer nodig.

Voorbeeld 3

Beton C45/55, milieuklasse XD3 voor de fabricage van liggers voor een viaduct.

De betonfabriek past voor dit soort elementen een betonsamenstelling toe met een druksterkte na 2-dagen van 44 N/mm² en na 28-dagen van 68 N/mm².

$f_{cm,2} / f_{cm,28} = 0,65$ (snel)

In de productiehal heerst minimaal een temperatuur van 150C.

Aantal dagen nabehandelen: 1

Voor het voorspannen van de liggers moet het beton een sterkte hebben van minimaal 30N/mm², dit is ruim 50% van de vereiste karakteristieke kubusdruksterkte.

Dan is na het verwijderen van de mal geen nabehandeling meer nodig.

Nabehandelingstechnieken

Er bestaan verschillende nabehandelingstechnieken, elk met zijn eigen voor- en nadelen.

In bekisting laten staan

De meest gebruikte en beste methode is het beton in de bekisting laten staan. Als materiaal voor de bekisting gebruikt men hout, staal of kunststof.

Houten planken en onbeklede platen moeten bij sterk drogend weer voor het betonstorten worden natgemaakt en gehouden. Wanneer het beton door krimp loskomt van de bekisting, kan oppervlakkige uitdroging optreden.

Bedekken met isolerende matten of plastic folie

Bedekken met isolerende matten of plastic folie is een zeer doeltreffende methode als er geen luchtstroming tussen het beton en het afdek materiaal kan ontstaan. Plastic folie van 0,05 mm wordt het meest toegepast. Er moet op worden gelet dat de folie goed afsluit, vooral ook bij de overlappingsen.

Curing compound

Curing compound, toegepast op grote betonoppervlakken, vormt een gesloten film op het betonoppervlak maar is echter nooit 100% dampdicht. De minimale dampdichtheid moet 70% zijn. Het toepassen van een curing compound is alleen doeltreffend, als het product gelijkmatig over het gehele oppervlak wordt verstoven. Bij het naderhand toepassen van afwerkklagen of betonopstorten moet er rekening mee worden gehouden dat men een curing compound gebruikt die de aanhechting niet verhindert.

Aanbrengen van een natte bedekking

Het gehele oppervlak wordt afgedekt met jute dat continu vochtig wordt gehouden door vernevelen met water. Dit om te voorkomen dat vocht wordt onttrokken aan het beton.

Nabehandelen met water

Deze techniek kan worden uitgevoerd door constant water op het oppervlak te vernevelen of door horizontale oppervlakken onder water te houden. Om beschadiging te voorkomen kan deze methode alleen worden toegepast als het beton enigszins is opgesteven. Verder zijn de volgende aandachtspunten van belang:

- om lokale temperatuurverschillen te voorkomen, moet men het oppervlak volledig en permanent nat houden
- bij hoge temperaturen moet men extra voorzichtig zijn met het aanbrengen van koud water. Dit in verband met kans op scheurvorming (ook wel bekend als het schokeffect)
- uit esthetisch oogpunt is het beter geen ijzerhoudend water gebruiken
- bij kans op nachtvorst geen nabehandeling met water toepassen

Literatuur

- ing.J.H. Holthuis, Betonkwaliteit ... Hoe krijg je dat?, VNC
- H.M.M. Krikhaar et al, Betonpocket 2006. ENCI Media, 's-Hertogenbosch, 2006
- NEN 6722, Voorschriften Beton - Uitvoering. NEN, Delft, 2002
- H.M.M. Krikhaar, Werken met beton & mortel, ENCI Media
- Betoniek 5/12, Nabehandelen