

# Advies voor MKI plafondwaarden voor betonmortel en betonproducten





project 28.028: MKI Plafondwaarden voor beton

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat, Mevr. Valerie Diemel

Opdrachtnemer: NIBE bv  
Bussummergrindweg 1B  
1406 NZ Bussum  
(T) 035-6948233  
(E) [info@nibe.org](mailto:info@nibe.org)  
website: [www.nibe.org](http://www.nibe.org)



document: 28.028.18.12.003      versie:1.0  
datum: 6 december 2018

opdrachtleider: Mantijn van Leeuwen

projectteam: Rick Scholtes  
Mantijn van Leeuwen

© 2018 Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, NIBE **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie.

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie is het niet toegestaan om:

- a) een door het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze openbaar te doen maken;
- b) een door het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures en ten behoeve van reclame of vergelijkende reclame;
- c) de naam en/of het logo van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, in welke verbinding dan ook, te gebruiken bij het openbaar maken van een deel of gedeelten van een door het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie uitgebracht rapport en/of voor een of meer van de sub. b. genoemde doeleinden.

Het ter inzage geven van het rapport van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie aan direct belanghebbenden is toegestaan.



## INHOUD

1.	Aanleiding van deze studie.....	7
2.	Gehanteerde methode.....	10
2.1	Keuze voor opbouw op materialisatie.....	10
2.2	Gebruikte databronnen.....	10
2.3	Modulen van de LCA berekeningen.....	11
3.	Betonmortel.....	12
3.1	Betontechnologische analyse van gangbare mengselsamenstellingen.....	12
3.2	Inschatting van spreiding in de markt.....	13
3.3	Combinatie van betontechnologische benadering en marktinschatting.....	15
3.4	MKI plafondwaarde advies.....	15
3.5	Controle op de recente aanbestedingen van RWS.....	16
4.	Betonproducten.....	18
4.1	Stenen, banden en tegels.....	18
4.2	Buizen en putten.....	20
4.3	Betonzuilen.....	21
4.4	Heipalen.....	21
4.5	Doorgaand gewapend beton C34/45.....	21
5.	Advies m.b.t. ontwikkeling MKI plafondwaarde in relatie tot klimaatakkoord en kabinetsbeleid.....	22
	BIJLAGE A – MILIEUPROFIELEN GRONDSTOFFEN.....	23
	BIJLAGE B TRANSPORTAFSTANDEN.....	24



## 1. Aanleiding van deze studie

Dinsdag 10 juli 2018 hebben circa 50 partijen uit de betonketen samen het betonakkoord getekend. Dit akkoord voorziet in een stapsgewijze verlaging van de CO2 footprint van beton in Nederland, via monitoring en sturing op de Milieu Kosten Indicator (MKI). De MKI is in de sector een geaccepteerde en gedragen indicator voor de milieuprestatie van beton en er zijn voldoende instrumenten beschikbaar om de MKI voor beton en betonproducten te berekenen.

### *Artikel 4.4 Inzet en acties van Opdrachtgevers en Bouwbedrijven*

2. Opdrachtgevers en Bouwbedrijven spreken af direct na inwerkingtreding, beton zodanig uit te vragen (direct als materiaal of indirect binnen een project) dat de project- of product-LCA (of alternatief) gestaag daalt zoals in de ambitie verwoord.
3. Opdrachtgevers en Bouwbedrijven spreken af om beton, dat voldoet aan de MKI/MPG met een maximum bovengrens, hoger te waarderen in het selectieproces van Bouwbedrijven.

*Figuur 1. Artikel 4.4 uit het betonakkoord, waarin de MKI bovengrens wordt genoemd.*

In het betonakkoord is voorzien dat alle producenten van beton en betonproducten de MKI van hun geleverde producten beschikbaar zullen gaan maken en dat de opdrachtgevers beton, dat voldoet aan de MKI met een maximum bovengrens, hoger zullen waarderen in het selectieproces van bouwbedrijven. Om dit effectief te kunnen doen is het noodzakelijk dat voor beton en betonproducten de MKI bovengrens bekend is.

Rijkswaterstaat heeft NIBE opdracht gegeven om een advies uit te brengen voor de te hanteren MKI bovengrens, voortaan MKI plafondwaarde genoemd, voor een selectie van betonmortel klassen en betonproducten, zoals die in de database van DuboCalc zijn opgenomen.

*Tabel 1. Alle betonproducten, die in de DuboCalc database (versie 5.01) staan. De producten waarvoor in deze studie een plafondwaarde wordt voorgesteld zijn groen weergegeven.*

Product	Data Category
Betonmortel C12/15 (CEM I)	3(30%)
Betonmortel C12/15 (CEMIII)	3(30%)
Betonmortel C20/25 (CEM I)	3(30%)
Betonmortel C20/25 (CEMIII)	3(30%)
Betonmortel C20/25 met 100 % beton/menggranulaat	3(30%)
Betonmortel C20/25 met 20 % beton/menggranulaat	3(30%)
Betonmortel C30/37 (CEM I)	3(30%)
Betonmortel C30/37 (CEMIII)	3(30%)
Betonmortel C30/37 met 100 % beton/menggranulaat	3(30%)
Betonmortel C30/37 met 20 % beton/menggranulaat	3(30%)
Betonmortel C35/45 (CEMIII)	3(30%)
Betonmortel C55/67 (CEMI-CEMIII)	3(30%)

Betonmortel C70/85 (CEMI-CEMIII)	3(30%)
Onderwaterbeton C20/25	3(30%)
Onderwaterbeton C30/37	3(30%)
BID-302.02 Betonwissel 1:15	3(30%)
BID-205.02 Geluidsscherm, houtvezelbeton 3 meter hoog (FE = 12 strekkende meter)	3(30%)
Heipaal (beton)	3(30%)
Vezelmixbeton C35/45 CEM III (staalvezels)	3(30%)
Vezelmixbeton C35/45 CEM III (staal- + kunststofvezels)	3(30%)
Schuimbeton	3(30%)
Betonzuilen, hydrobloks	3(30%)
Betonzuilen (gemiddeld)	3(30%)
Doorgaand gewapend beton C35/45 CEM III	3(30%)
Betonband klein	3(30%)
Betonband middel	3(30%)
Betonband groot	3(30%)
RWS-band	3(30%)
Inritband	3(30%)
Betontegels normaal	3(30%)
Betontegels dik	3(30%)
Betonstraatstenen waalformaat	3(30%)
Betonstraatstenen dikformaat	3(30%)
Betonstraatstenen keiformaat	3(30%)
Prefab betonplaten	3(30%)
Betonbuis klein	3(30%)
Betonbuis middel	3(30%)
Betonbuis groot	3(30%)
Duiker beton	3(30%)
Inspectieput prefab beton 800x800mm	3(30%)
Inspectieput prefab beton 1000x1000mm	3(30%)
Inspectieput prefab beton 1200x1200mm	3(30%)
Kolken beton/gietijzer 380X380X900mm	3(30%)



BID-302.01 Betonwiesel 1:9	3(30%)
----------------------------	--------

## 2. Gehanteerde methode

De gangbare praktijk in de Nederlandse GWW markt is om de milieuprestatie (MKI) van bouwproducten te bepalen volgens de methode, zoals omschreven in de Bepalingsmethode Gebouwen en GWW-werken ([www.milieudatabase.nl](http://www.milieudatabase.nl)). Deze methode is ook in deze studie gehanteerd, waarbij grondstofprofielen worden gebruikt uit de Nationale Milieudatabase. De in deze studie gehanteerde milieuprofielen zijn beschreven in bijlage A

### 2.1 *Keuze voor opbouw op materialisatie*

De processendatabase in de Nationale Milieu Database (NMD) krijgt regelmatig updates, waarbij verbetering op de proceskaarten worden doorgevoerd. Deze verbeteringen zullen doorgaans effect hebben op de uitkomst van de MKI van producten, berekend met deze processendatabase. Om in dit project een dataset te hebben die ook bij updates van de processendatabase nog bruikbaar is maken we zoveel mogelijk gebruik van productsamenstelling gegevens voor de te berekenen producten. Op basis daarvan kan de MKI dan altijd opnieuw berekend worden bij updates van de NMD. Binnen de looptijd van dit project is dit al behulpzaam geweest, omdat tijdens de uitvoering van dit project een nieuwe release van de NMD is verschenen, waarbij een grote wijziging heeft plaats gevonden in de basisprofielen voor cementen.

### 2.2 *Gebruikte databronnen*

Voor de samenstelling gegevens van de te beschouwen producten is gebruik gemaakt van de volgende bronnen: EcoInvent, Nationale Milieu Database, NIBE milieuclassificaties, DUBOkeur certificeringen, projectgebonden berekeningen (na akkoord), publieke bronnen met mengsel informatie, branche studies, door RWS geleverde bronnen. In totaal zijn er 161 individuele datapunten gevonden, waarbij mengselsamenstelling van het beton of betonproduct beschikbaar was.

Voor de berekening van de MKI waarde van de producten is gebruik gemaakt van de NMD 2.2. De gebruikte proceskaarten voor de verschillende grondstoffen zijn weergegeven in bijlage A.

Voor cementen is bij de update van de NMD van 2.1 naar 2.2 een grote wijziging doorgevoerd. De categorie 2 profielen voor veel gebruikte cementen in Nederland waren verlopen en zijn niet van een categorie 2 update voorzien. Daarvoor in de plaats zijn CEM NL profielen door SBK beschikbaar gemaakt, die zijn gebaseerd op een gemiddelde van de 2 beschikbare producent specifieke bronnen, met een opslag factor van 30%. Deze ongebruikelijke benadering heeft tot gevolg dat voor berekeningen waar geen specifiek cement wordt aangehouden, deze CEM NL profielen gebruikt dienen te worden. Met een sterk verhoogde MKI tot gevolg. In deze studie zijn we zoveel mogelijk uitgegaan van merkongebonden basisprofielen. In het geval van cement is voor CEM I en CEM III cementen gebruik gemaakt van de aangeboden CEM NL profielen. Aangezien dit de meest gebruikte cementsoorten zijn, heeft dit tot gevolg dat vrijwel alle producten een verhoogde MKI laten zien ten opzichte van de berekeningen uitgevoerd met de voorgaande versie van de NMD. We adviseren toch op basis van de MKI waarden de analyse door te voeren, omdat er ook in de markt veel producenten zullen zijn die gebruik maken van cementen waar geen producent specifieke data beschikbaar zijn op dit moment en die zullen allemaal geconfronteerd worden met een verhoogde MKI voor hun product, zoals berekend met de CEM NL profielen.

Wanneer de situatie zich in de nabije toekomst gaat verbeteren (doordat meer producenten met categorie 1 data komen), is het aan te raden op dat moment ook de in deze studie gebruikte samenstellingen opnieuw te berekenen en een proportionele aanpassing van de MKI plafondwaarden door te voeren.

### **2.3 Modulen van de LCA berekeningen**

We berekenen de modules van de LCA, zoals in de bepalingmethode omschreven. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

A1	winning grondstoffen	op basis van de milieuprofielen als omschreven in bijlage A
A2	aanvoer van grondstoffen	kilometers en transportmiddelen als omschreven in bijlage B
A3	productie	NL gemiddeld (Elektriciteit 2,23 kWh/m <sup>3</sup> en Diesel 0,99 l/m <sup>3</sup> )
A4	transport bouwplaats	betonmortel 25 km, prefab 75 of 150 afhankelijk van aantal productielocaties in Nederland voor de productgroep
A5	bouwplaats processen	gelijk aan DuboCalc itemkaart voor de productgroep
B	Onderhoud en vervanging	niet meegenomen in deze studie
C+D	Eindelevensduur	forfaitaire eindelevensduur scenario beton

### 3. Betonmortel

Alle in hoofdstuk 2 genoemde bronnen zijn geraadpleegd op betonmortel producten met samenstelling en verzameld in één overzicht, dit waren er in totaal 55. De producten zijn beoordeeld op toepasbaarheid en relevante voor de Nederlandse markt. Op basis hiervan zijn er 28 producten niet meegenomen in de analyse. Dit waren bijvoorbeeld betonmortel mengsels voor toepassing in extreme klimaatcondities of mengsels die niet aan de Europese norm EN 206 voor betonmortel voldeden. Op basis van de overige 27 mengsels is een analyses gedaan naar de MKI verdeling, deze is weergegeven in Tabel 2.

*Tabel 2. Overzicht van de MKI waarden (per m<sup>3</sup>) analyse van 27 betonmortel mengsels, toepasbaar in de Nederlandse markt. (n=aantal mengsels in de aangegeven sterkte klasse, max=de hoogst waargenomen MKI waarde in de klasse, min=de laagst waargenomen MKI waarde in de klasse)*

Product	DuboCalc				
		n	max	min	mediaan
Betonmortel C12/15	18,64	5	15,51	9,54	11,73
Betonmortel C20/25	20,2	9	20,68	12,61	15,38
Betonmortel C30/37	20,3	5	17,40	17,16	17,34
Betonmortel C35/45	20,71	3	29,90	17,50	29,90
Betonmortel C55/67	25,86	4	29,70	22,03	29,70
Betonmortel C70/85	33,41	1	32,75	32,75	32,75

Betonmortel kent vele uitvoeringsvormen, daarom is het voldoende om deze groep op basis van een relatief klein aantal waarnemingen te beschrijven. Er is aanvullend onderzoek gedaan in samenwerking met een betontechnoloog (dhr. J. Kronemeijer). Hierbij is één veel gebruikte sterkteklasse (C20/25), in combinatie met een veeleisende milieuklasse (XD3) uitgewerkt. Dit hebben we vervolgens herhaald voor alle sterkteklassen, die in DuboCalc zijn opgenomen.

#### 3.1 Betontechnologische analyse van gangbare mengsamenstellingen

Er is een analyse uitgevoerd naar de marktconforme betonsamenstelling voor toepassing in een GWW project van een betonmengsel met sterkte klasse C20/25 en een milieuklasse XD3. De keuze voor deze milieuklasse is gemaakt, omdat het als meest veeleisend wordt gezien als het gaat om de hoeveelheid cement die wordt gebruikt. Met betrekking tot de cementsoort in deze klasse is er gekozen voor 25% CEM I en 75% CEM III B. Deze combinatie wordt als robuust ervaren in de markt, ook voor omstandigheden met relatief lage uitvoeringstemperatuur. In de analyse is uitgegaan van een veel voorkomende korrelgrootteverdeling voor de toeslagmaterialen.

Met de voornoemde uitgangspunten zijn mengselberekeningen uitgevoerd voor een viertal omstandigheden:

1. Gebruik van 30% betongranulaat van gemiddelde kwaliteit en winterse omstandigheden. Hier is een robuust mengsel gekozen, dat in de dagelijkse praktijk veelvuldig wordt toegepast en weinig tot geen uitvoeringsproblemen geeft.
2. Gebruik van gangbare hulpstof (plastificeerder) om de vloeitijd van het beton te verbeteren. Hierdoor kan het cementgehalte in het mengsel iets lager worden gekozen.

3. Gebruik van dezelfde hulpstof, maar nu in combinatie met secundair toeslagmateriaal dat geen verhoging van de waterbehoefte tot gevolg heeft. Dit is in de praktijk een stuk lastiger dan gebruik van betongranulaat van gemiddelde kwaliteit. Beschikbaarheid van dergelijk secundair toeslagmateriaal is nog niet zo groot dat het breed in de markt kan worden toegepast. Er zijn wel ontwikkelingen, die verhoogde beschikbaarheid in de nabije toekomst mogelijk maken.
4. Tenslotte heeft de betontechnoloog het optimale mengsel berekend dat in de uitvoeringspraktijk zonder bijzonder maatregelen wel toepasbaar is en ook geheel binnen de EN 206 toepasbaar is, zonder gebruik van geattesteerde mengsels.

Met deze analyse is de verwachting dat de gebruikte methoden voor alle betonmortelcentrales in Nederland uitvoerbaar zouden moeten zijn. Hier is geen specialistische kennis voor nodig en de benodigde grondstoffen zijn algemeen beschikbaar. Dit zou elke uitvoerder moeten kunnen uitvoeren. De resulterende cementgehalten in de berekende mengsels en de berekende MKI waarde van de mengsels zijn weergegeven in Tabel 3.

*Tabel 3. Overzicht van de MKI waarden per m<sup>3</sup> van de 4 beton technologisch berekende mengsels. Het cementgehalte varieert van 365 tot 320 kg/m<sup>3</sup>. Alle mengsels zijn uitgevoerd met een combinatie van 25% CEM I en 75% CEM III/B.*

uitvoering	25/75 CEM I / CEM IIIB	MKI per m <sup>3</sup>
Meest robuuste vorm (winter) en 30% betongranulaat	365 kg/m <sup>3</sup>	22,11
Hulpstof voor verwerkbaarheid	350 kg/m <sup>3</sup>	21,61
Hulpstof + sec. granulaat zonder waterbehoefte toepassen	325 kg/m <sup>3</sup>	20,75
Optimale uitvoering bekend in praktijk	320 kg/m <sup>3</sup>	20,58

### **3.2 Inschatting van spreiding in de markt**

De analyse in paragraaf 3.1 laat zien wat er aan het betonmengsel te optimaliseren is, om de MKI waarde te reduceren. De betoncentrale kan ook optimalisaties doorvoeren in de eigen procesvoering en de gekozen grondstoffen (leveranciers) en logistiek. Om inzicht te krijgen in de ruimte, die een betoncentrale heeft om de MKI van de producten te verbeteren is een scenario studie gedaan naar de mogelijkheden, zoals die ons bekend zijn uit de projecten die NIBE de afgelopen 3 jaar heeft begeleid, interviews met uitvoerders en wat er in de openbare literatuur beschikbaar is aan informatie over mogelijkheden tot optimalisatie van de bedrijfsvoering. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.

#### **Aanvoer van grondstoffen**

Voor de aanvoer van de grondstoffen heeft de betoncentrale de keus om dit over water of over de weg te doen en met de keuze voor bepaalde leveranciers kan de afstand van aanvoer worden beïnvloed. De studie laat een groot verschil zien in afstanden waarover producenten hun grondstoffen aanvoeren. Een bewuste optimalisatie in zowel modaliteit als afstand brengt voor een betoncentrale, die dit nog nooit heeft gedaan, vaak een aanzienlijke reductie in MKI met zich mee. Het verschil tussen de maximale en minimale aangetroffen MKI voor module A2 in onze studie is aanzienlijk. Hierbij kan ook nog aangegeven worden dat gebruik van secundaire toeslagmaterialen doorgaans kortere transportafstanden met zich meebrengt en significant kan bijdragen aan een verlaging van de MKI. In deze scenario studies zijn ook scenario's berekend met hogere percentages

secundaire materiaal en zowel vervanging van grind als zand. Bijdrage hiervan in module A1 (grondstoffen) zijn niet gemodelleerd, enkel module A2 is berekend.

### Energieverbruik centrale

Energieverbruik van de betoncentrale, gedeclareerd in module A3 van de LCA, heeft een beperkte invloed op de totale MKI. De betoncentrale kan maatregelen doorvoeren om het energieverbruik te reduceren. Veel centrales hebben dit reeds (deels) gedaan. Er is een optimaal verbruik scenario opgesteld, met gebruik van groene stroom voor de elektriciteit en met toepassing van maximale reductie maatregelen. Daarnaast is een worst case scenario gebouwd, met daarin een verouderde installatie en zonder maatregelen om duurzame energievormen te gebruiken. De MKI van het forfaitaire scenario dat veel gebruikt wordt (elektriciteit 2,23 kWh/m<sup>3</sup> plus diesel 0,99 l/m<sup>3</sup>) resulteert in een MKI van € 0,52 voor module A3. Het is de verwachting dat veel centrales rond dit getal zullen zitten met hun productie.

### Transport naar het werk

Voor de transportafstand naar het werk is altijd 25 kilometer aangehouden. Een centrale heeft niet veel mogelijkheden om de milieuprestatie van de transport naar het werk te verbeteren. Moderne truckmixers hebben doorgaans een betere prestatie, maar dit vraagt een forse investering en die zal de centrale doorgaans alleen doen als de bestaande voertuigen zijn afgeschreven. Bij de aankoop van nieuwe mixers heeft de centrale de mogelijkheid om aanvullende duurzame opties te kiezen als rijden op CNG (Compressed Natural Gas), of gebruik van add-blue (een brandstof verbeteraar) of elektrische menger.

Tabel 4. Overzicht van de minimale en maximale MKI per m<sup>3</sup> per LCA module, zoals die voorkomen in de scenario studie naar handelingsperspectieven van betonmortelcentrales.

module	min	max	
A1	14,43	14,43	Mengsel ligt vast in deze oefening
A2	2,06	4,40	Aanvoer grondstoffen optimaliseren qua afstand en/of logistiek
A3	0,30	0,80	Energieverbruik centrale minimaliseren en/of verduurzamen
A4	0,30	0,93	Transport naar het werk met duurzaam vervoer, afstand altijd 25 km
A5	0,38	0,38	Op uitvoering nu geen directe impact mogelijkheden
C+D	2,12	2,12	Eindelevensduur scenario in deze studie constant gehouden
<b>totaal</b>	<b>19,62</b>	<b>23,06</b>	Dit is de ruimte die betonproducent nu ongeveer heeft, zonder aanpassingen aan zijn betonsamenstelling

### 3.3 Combinatie van betontechnologische benadering en marktinschatting

Wanneer we nu de betontechnologische analyse op impact van mengsels combineren met de scenario studie naar de mogelijkheden van de betoncentrale voor verduurzaming van de procesvoering, ontstaat het totaal beeld, zoals weergegevens in Figuur 2. Op basis van deze totale analyse geven wij het advies af om de MKI plafondwaarde voor de betonmortel sterkte klasse C20/25 te leggen op een waarde van € 22 per m<sup>3</sup>. Hiermee is de verwachting dat elke betonmortelcentrale in Nederland deze plafondwaarde zou moeten kunnen realiseren, ook onder uitdagende omstandigheden als bijvoorbeeld lage temperatuur. De betoncentrale zal hiervoor mogelijk wel maatregelen moeten nemen, afhankelijk van de specifieke omstandigheden van de centrale en het project waar aangeleverd zal worden.

Best in class		Branche gemiddeld		Worst in class	
uitvoering	MKI	uitvoering	MKI	uitvoering	MKI
Robuust	19,91	Robuust	22,11	Robuust	23,06
plast	19,41	plast	21,61	plast	22,56
Plast+ granulaat	18,55	Plast+ granulaat	20,75	Plast+ granulaat	21,70
Optimale	18,38	Optimale	20,58	Optimale	21,53

*Figuur 2. Overzicht van de combinatie van betontechnologische studie met de scenario studie voor handelingsperspectieven van de betoncentrale. Dit geeft een overzicht van de inschatting van de spreiding in MKI per m<sup>3</sup> voor mengsel C20/25 XD3.*

### 3.4 MKI plafondwaarde advies

De studie, zoals in voorgaande paragrafen beschreven voor de klasse C20/25 XD3, is herhaald voor alle sterkteklassen die in DuboCalc voorkomen, telkens in combinatie met een milieuklasse XD3. Op basis van de uitkomsten geven we het advies af voor de plafondwaarden voor de MKI zoals weergegeven in Tabel 5.

*Tabel 5. Overzicht van de advieswaarden voor de MKI plafondwaarde voor de betonmortel klassen, die in DuboCalc voorkomen.*

Sterkte klasse	MKI plafondwaarde € per m <sup>3</sup>
C12/15	17
C20/25	22
C30/37	22,50
C35/45	23
C55/67	24
C70/85	34

Dit geldt dan voor alle milieuklassen in combinatie met de aangegeven sterkteklasse. Uiteraard is er verschil in mengsamenstelling te verwachten voor verschillende milieuklassen in combinatie met eenzelfde sterkte klasse. Dit hebben we niet verder uitgesplitst. We hebben het advies op de milieuklasse XD3 gesteld, die als één van de zwaarste milieuklassen voor de MKI waarde gezien kan worden. Het is de verwachting dat, als een producent maatregelen treft om de MKI waarde voor dit mengsel in zijn betonmortel centrale te verlagen, deze maatregelen eenzelfde effect op de overige mengsels zal hebben. De maatregelen zijn dus effectief voor alle mengsels, zonder dat voor alle mengsels een op maat gestelde plafondwaarde gehanteerd zou moeten worden. Het uitsluitend stellen van de plafondwaarde op de sterkte klasse, maakt de uitvoering eenvoudiger.

Op deze manier houden we de maatregel enigszins eenvoudig en naar verwachting toch effectief op vrijwel alle betonmortel leveringen. Of dit ook zo werkt in de uitvoeringspraktijk kan gemonitord worden aan de hand van de ingeleverde MKI waarden bij leveringen of aanbestedingen.

### **3.5 Controle op de recente aanbestedingen van RWS.**

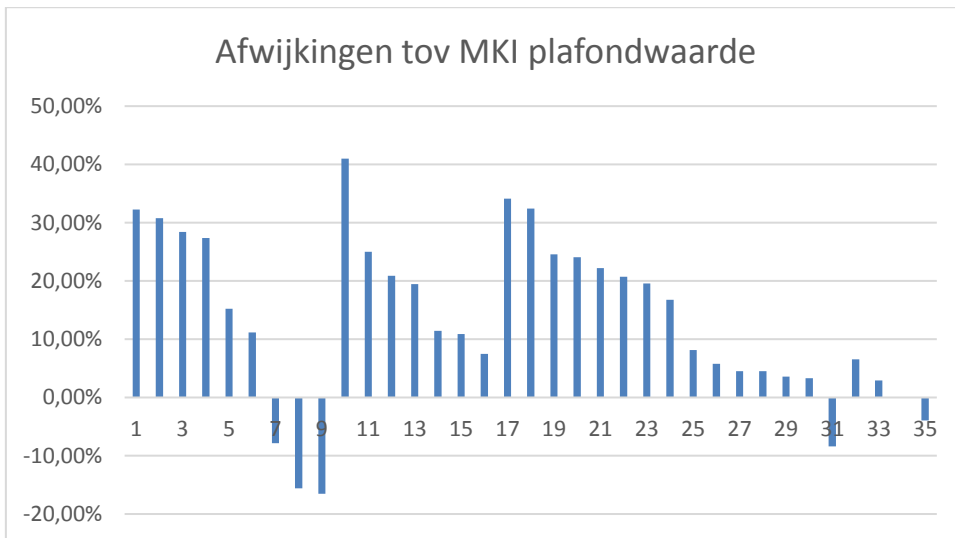
*Als controle op de voorgestelde plafondwaarden is er een analyse uitgevoerd van de plafondwaarden tegen de geleverde MKI waarden voor betonmortel mengsels in recente aanbestedingen van Rijkswaterstaat. Deze analyse is uitgevoerd door dhr. Martijn Lommers van Rijkswaterstaat. De uitkomst is weergegeven in*

. Hierin is de afwijking ten opzichte van de plafondwaarde voor elk mengsel uit de inschrijvingen getoond. Er zijn in totaal 35 betonmengsels gecontroleerd en bij 5 is geconstateerd dat deze de plafondwaarde zouden overschrijden. Er is niet naar de specifieke omstandigheden gekeken en het is niet bekend waarom de overschrijding zou optreden.

Er zijn drie overschrijdingen geconstateerd voor de sterkteklasse C12/15, één voor C30/37 en één voor C55/67. De grootste overschrijving bedraagt 16,5%. Twee van de 3 overschrijdingen voor de sterkte klasse C12/15 zijn voor een consistentieklasse F4.

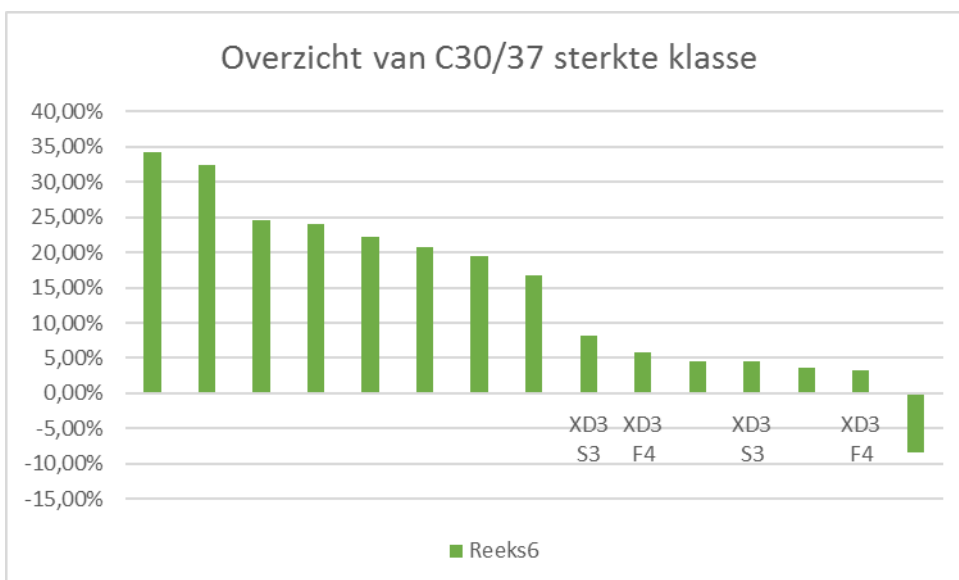
*Figuur 3. Vergelijking van MKI waarde van betonmortel uit recente inschrijvingen op Rijkswaterstaat projecten met de MKI plafondwaarde. Negatief betekent overschrijding van de MKI Plafondwaarde, met het aangegeven percentage. Er zijn 35 items gecontroleerd, waarvan er 5 de MKI plafondwaarde overschreden.*





Vervolgens is er voor C30/37 specifiek gekeken naar de overschrijdingen en daarbij is te zien dat met name de betonmortel mengsels met een hogere milieuklasse dicht bij de plafondwaarde komen, zoals te verwachten zou zijn. Het resultaat van deze analyse is weergegeven in **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

*Figuur 4. De afwijkingen ten opzichte van de plafondwaarde voor alle betonmortel mengsels in sterkte klasse C30/37. Waar de milieuklasse is opgegeven is deze weergegeven. Een negatieve afwijking betekent overschrijding van de plafondwaarde.*



## 4. Betonproducten

Voor vormgegeven betonproducten geldt dat elk soort product een grote verscheidenheid aan uitvoeringen kent. Denk bijvoorbeeld aan afmetingen, aansluitingen, kleuren, etc. Het is niet overzichtelijk voor de markt als elke uitvoering een eigen MKI plafondwaarde zou krijgen. De benadering, die hiervoor wordt voorgesteld, is om enkel MKI waarden te stellen voor de meest gebruikte uitvoering, wederom met de aanname dat een fabriek verbeteringen doorgaans voor het hele assortiment zal doorvoeren en niet enkel voor de meest verkochte uitvoeringen, waar een plafondwaarde voor gesteld is. Zo profiteert het hele assortiment van verbeteringen, die doorgevoerd worden vanuit de doelstelling om de MKI plafondwaarde van het meest verkochte product te halen.

Een alternatief voor de plafondwaarde voor de meest verkochte uitvoering zou kunnen zijn, om een MKI plafondwaarde per m<sup>3</sup> vormgegeven product te stellen. Dan zouden verschillende afmetingen per m<sup>3</sup> berekend met dezelfde plafondwaarde kunnen werken. Ons advies is echter om hier niet voor te kiezen, omdat de markt niet gewend is om met m<sup>3</sup> of ton als functionele eenheid te werken en ook DuboCalc hier niet op gebaseerd is. Het advies is om met de functionele eenheden te werken, die ook in DuboCalc gehanteerd worden en verdere harmonisatie van de functionele eenheden voor de GWW te zoeken via de bepalingsmethode en de nationale milieudatabase.

### 4.1 Stenen, banden en tegels

Voor stenen, banden en tegels worden er verschillende diktes in DuboCalc gegeven. Deze zullen we hier ook hanteren. Daarnaast geldt voor betonstraatstenen dat er zowel waal-, dik-, als keiformaat in DuboCalc wordt opgegeven, maar allemaal 8 cm dik. Deze zullen we gelijkstellen en per functionele eenheid van 1 m<sup>2</sup> berekenen. De gehanteerde productsoorten zijn weergegeven in

Tabel 6. *Overzicht van de producten in de groep stenen, banden en tegels, zoals ze in DuboCalc beschikbaar zijn (versie 5.01).*

product	aanduiding	Product afmeting	Gewicht per FE	Functionele eenheid
Tegel	Dik	300x300x80 mm	186 kg	1 m <sup>2</sup>
Tegel	Normaal	300x300x45 mm	105 kg	1 m <sup>2</sup>
Steen	Waal	X80 mm	180 kg	1 m <sup>2</sup>
Steen	Dik	X80 mm	180 kg	1 m <sup>2</sup>
Steen	Kei	X80 mm	180 kg	1 m <sup>2</sup>
Band	RWS	115/225x250 mm	115 kg	1 m
Band	Inrit	500/250x230 mm	115 kg	1 m
Band	Klein (opsluitband)	100x200 mm	47 kg	1 m
Band	Middel	180/200x250 mm	112 kg	1 m
Band	Groot	280/300x240 mm	164 kg	1 m

De inritband die in DuboCalc wordt opgegeven is niet terug te vinden in het aanbod van de verschillende producenten. Hier is aangenomen dat deze ook een gewicht van 115 kg per strekkende meter zal hebben.

De benadering die gekozen is voor deze productgroep is dat van alle bronnen, waarvan mengselinformatie beschikbaar is, de MKI van 1000 kg product is berekend. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen stenen, banden en tegels. Bij producten met een deklaag is er een gemiddelde MKI per kg totaal product berekend, hetgeen dus een naar gewicht gewogen gemiddelde is van de onder- en deklaag van het product. Het resultaat staat in Tabel 7.

Tabel 7. *Overzicht van de maximale, minimale en mediane MKI voor de groep stenen, banden en tegels. De MKI waarde is per 1000 kg product weergegeven.*

Product	n	max	min	mediaan
Stenen	8	13,13	8,80	10,92
Banden	5	11,28	8,38	10,23
Tegels	5	15,25	9,99	10,45

Op basis van deze analyse is ons voorstel om een **MKI plafondwaarde voor de verschillende producten te introduceren van € 11 per 1000 kg vormgegeven product**. Het is ons advies om deze waarde voor alle producten gelijk te houden, de uitkomst van de spreidingsanalyse laat zien dat de groepen relatief dicht bij elkaar liggen. Op deze manier is er feitelijk één enkele plafondwaarde voor deze hele groep van producten. Voor het gemak in gebruik kan deze waarde ook per productgroep, zoals die in DuboCalc worden gehanteerd, gepubliceerd worden. In Tabel 8 is weergegeven wat deze waarden dan zijn.

Tabel 8. *Overzicht van de berekende MKI plafondwaarde per product per functionele eenheid, zoals die in DuboCalc gehanteerd worden.*

product	aanduiding	Product afmeting	Gewicht (per FE)	FE	MKI plafondwaarde
Tegel	Dik	300x300x80 mm	186 kg	1 m <sup>2</sup>	2,05
Tegel	Normaal	300x300x45 mm	105 kg	1 m <sup>2</sup>	1,16
Steen	Waal	X80 mm	180 kg	1 m <sup>2</sup>	1,98
Steen	Dik	X80 mm	180 kg	1 m <sup>2</sup>	1,98
Steen	Kei	X80 mm	180 kg	1 m <sup>2</sup>	1,98
Band	RWS	115/225x250 mm	115 kg	1 m	1,27
Band	Inrit	500/250x230 mm	115 kg	1 m	1,27
Band	Klein	100x200 mm	47 kg	1 m	0,52
Band	Middel	180/200x250 mm	112 kg	1 m	1,23
Band	Groot	280/300x240 mm	164 kg	1 m	1,80

Voor de groep betonstenen zijn er relatief veel MKI waarden bekend uit recente aanbestedingen. Hierop is een analyse gedaan om te zien in hoeverre recente projecten tot een overschrijding van de plafondwaarde voor betonstenen zou hebben geleid. Het resultaat is weergegeven in Figuur 5.

*Figuur 5. Vergelijking van de plafondwaarde voor betonstenen met een 13-tal waarden uit recente aanbestedingen oor betonwaren of GWW projecten.*



## 4.2 Buizen en putten

Voor ongewapende betonbuizen zijn er drie gangbare diameters in de markt in gebruik, waarvoor bij de productie voor elke diameter hetzelfde betonmengsel wordt gebruikt. Voor de in de bronnen (6) gevonden betonmengsels is de MKI per 1000 kg berekend en weergegeven in Tabel 9.

*Tabel 9. Berekende MKI waarden, weergegeven als maximale, minimale en mediane waarde, voor rioolbuizen en inspectieputten per 1000 kg product.*

Product	n	max	min	mediaan
Rioolbuizen	6	€ 19,08	€ 16,41	€ 17,71
Inspectie putten	1	€ 13,10	€ 13,10	€ 13,10

Op basis van deze analyse met een beperkt aantal bronnen, zou ons advies zijn om een **MKI plafondwaarde in te voeren voor buizen op € 18 per 1000 kg vormgegeven product**. Voor putten zou ons advies zijn om nu geen plafondwaarde vast te stellen en eerst in overleg met de branche te treden om meer inzicht te krijgen. Vertaald naar de functionele eenheden, zoals die in DuboCalc worden gehanteerd, zou de plafondwaarde voor rioolbuizen gesteld kunnen worden, zoals is weergegeven in Tabel 10.

*Tabel 10. Overzicht van de geadviseerde MKI plafondwaarden voor rioolbuizen voor de diameters 300, 400 en 500 mm per strekkende meter.*

Product	diameter	Functionele eenheid	gewicht	MKI plafondwaarde
Rioolbuis klein	300 mm	1 m	178 kg	€ 3,20
Rioolbuis middel	400 mm	1 m	248 kg	€ 4,46
Rioolbuis groot	500 mm	1 m	340 kg	€ 6,12

### **4.3 Betonzuilen**

Voor Betonzuilen is één bron met samenstellingsgegevens gebruikt en dat is het rapport opgesteld door INTRON in opdracht van Rijkswaterstaat in 2012 [1]. Met de in het rapport beschreven gemiddelde samenstelling voor een Betonzuil is opnieuw een berekening uitgevoerd op dezelfde wijze als de voorgaande productgroepen. Dit resulteert in een MKI waarde van € 13,88 per 1000 kg product. Deze waarde lijkt erg aan de hoge kant, hetgeen bevestigd werd bij de analyse van deze waarde als plafondwaarde tegen de recente inschrijvingen op aanbestedingen van Rijkswaterstaat. Uit 5 recente inschrijvingen met betonzuilen werd een mediaan van € 8,68 per 1000 kg product berekend, met een minimale waarde van € 7,42 en een maximale waarde van € 9,53. Alle 5 inschrijvingen lagen relatief dicht bij elkaar. In alle inschrijvingen was er sprake van transport over water naar de project locatie (A4), wanneer dit transport over de weg zou hebben plaats gevonden zou de MKI al snel € 1,5 hoger zijn uitgekomen. Op basis van deze constatering zouden we een **plafondwaarde adviseren van € 9 per 1000 kg product voor project locaties waar over het water wordt geleverd (bijvoorbeeld bij dijkverzwaring) en € 10,50 per 1000 kg product voor project locaties waar over de weg wordt aangeleverd (bijvoorbeeld bij toepassing onder viaducten en bij knooppunten).**

### **4.4 Heipalen**

Voor Heipalen is slechts één bron met samenstellingsgegevens beschikbaar en geen informatie uit recente aanbestedingen van Rijkswaterstaat. Het is ons advies om voorlopig geen plafondwaarde voor deze groep producten in te stellen en eerst om informatielevering bij inschrijvingen of opdrachtverlening te vragen om inzicht op te bouwen in de productgroep en in overleg te gaan met de branchevereniging (Het Betonhuis).

### **4.5 Doorgaand gewapend beton C34/45**

Dit profiel is opgebouwd uit betonmortel sterkteklasse C35/45 en 40 kg/m<sup>3</sup> wapeningsstaal (staalvezel wapening volgens de beschrijving in DuboCalc). Voor betonmortel in sterkteklasse C35/45 is in paragraaf 3.4 een MKI plafondwaarde geadviseerd van € 23 per m<sup>3</sup> beton. Voor de 40 kg wapening komt daar € 3,75 bij, hetgeen dan zou resulteren in een **MKI plafondwaarde voor dit samengestelde product van € 26,75 per m<sup>3</sup>.**

## 5. Advies m.b.t. ontwikkeling MKI plafondwaarde in relatie tot klimaatakkoord en kabinetsbeleid

In het betonakkoord is afgesproken dat de betonketen zich verplicht tot een reductie van de CO<sub>2</sub> emissie van 30% in 2030, met de ambitie om 49% reductie te halen. Dit laatste zou in lijn zijn met het kabinetsbeleid om in 2030 49% reductie te halen in Nederland. Alle reducties zijn gedefinieerd als reducties ten opzichte van 1990. Dit laatste maakt een direct vergelijk lastig, omdat cijfers voor 1990 ontbreken. In de voorbereiding van het betonakkoord is door de werkgroep CO<sub>2</sub> een studie gedaan naar de mogelijke sector brede reductie in de periode 1990-2015. Uit deze studie is geconcludeerd dat de CO<sub>2</sub> uitstoot in de Nederlandse betonketen in de aangegeven periode waarschijnlijk met 13% is afgenomen, op basis van gelijk volume berekend. Deze analyse is gebaseerd op inschattingen van verbeteringen in wegtransport (op basis van gepubliceerde cijfers over verbeteringen van verbruikscijfers van transportmiddelen en data over milieu-impact van verbrandingsmotoren voor verschillende type motoren) en data over reductie van CO<sub>2</sub> uitstoot tijdens het productie proces van Cement (data van WBCSD/CSI, getting the numbers right database). Gezien de onnauwkeurigheid in deze analyse lijkt het uitgangspunt gerechtvaardigd dat de ingeschatte reductie in de periode 1990-2015 ook representatief mag zijn voor de inschatting van de reductie in de periode 1990-december 2018.

In het betonakkoord is afgesproken dat de ontwikkeling van de MKI waarde van beton en betonproducten vanaf de start actief gevolgd zal gaan worden. Als we aannemen dat we bij de start op 87% van de CO<sub>2</sub> emissie zitten van 1990 dan kunnen we de doelstelling en ambitie uit het betonakkoord voor 2030 vertalen in het concrete doel van 20% reductie ten opzichte van de stand van vandaag. In 11 jaar tijd willen we dus de CO<sub>2</sub> uitstoot van de Nederlandse betonketen met 20% reduceren, dat zou dus een reductie van gemiddeld 2 % per jaar betekenen, met 1 jaar inlooptijd (2019) om aan het systeem te wennen. Voor het behalen van de gestelde ambitie (49% reductie tov 1990) zou een reductie van 42% nodig zijn in de periode 2019-2030, dus een reductie van 4% per jaar gemiddeld.

Het is de verwachting dat de markt even tijd nodig heeft om aan de transitie te wennen, zich klaar te maken (planvorming) en dan investeringen moet gaan doen. Om de markt hiertoe te tijd te geven zou een inloop periode van 1 jaar zonder reductie (2019), vervolgens 2 jaren met beperkte reductie van 2% per jaar (haalbaar zonder investeringen in apparatuur) en dan een periode van hogere reductie van 5-6% per jaar een werkbaar transitie pad kunnen zijn. Op basis hiervan adviseren we het pad uit Tabel 11 als richtlijn te nemen in de uitvoering van het betonakkoord, waarbij de daadwerkelijke jaarlijkse stap elk jaar binnen het betonakkoord met elkaar wordt vastgesteld.

*Tabel 11. Voorgestelde reductie percentages per jaar voor de MKI plafondwaarde en de cumulatieve reductie ten opzichte van 2018.*

periode	Reductie per jaar	Cumulatieve reductie ten opzichte van 2018
2019	0%	0 %
2020-2021	2%	4%
2022-2023	4%	12%
2024-2029	5%	42%

## BIJLAGE A – MILIEUPROFIELEN GRONDSTOFFEN

Naam in tabel	El proces	MKI
CEM I	SBK 001 CEM-I NL c2	€ 0,0604
CEM I/42,5	SBK 001 CEM-I NL c2	€ 0,0604
CEM I/52,5	CEM I 52.5 R, ENCI, c1	€ 0,0579
CEM II	CEM II / B-S 52.5 N, ENCI, c1	€ 0,0503
CEM II/32,5	CEM II / B-S 52.5 N, ENCI, c1	€ 0,0503
CEM III/B	SBK 602 CEM III/B (CEM III/B 42.5 N)	€ 0,0259
CEM III/A	SBK 601 CEM III/A (CEM III/A 52.5 N)	€ 0,0436
Cement overig	SBK 001 CEM-I NL c2	€ 0,0604
granulaat	SBK 033 Betonggranulaat	€ 0,0002
Grind	SBK 081 Grind	€ 0,0005
kalksteen	SBK kalksteenmeel	€ 0,0021
overig	Natural stone plate, cut {CH}  production   Alloc Rec, U	€ 0,0190
Slakken	SBK Hoogovenslakken c2 (NVLB: C)	€ 0,0038
vliegias/bodemas	SBK 263 Vliegias	€ 0,0013
water	Tap water {Europe without Switzerland}  market for   Alloc Rec, U	€ 0,0000
zand	SBK 296 Industriezand (NVLB: B2)	€ 0,0007

## BIJLAGE B TRANSPORTAFSTANDEN

		As	Zeeschip	binnenvaartschip
Cement	Cement	186		
grind	grind	10	51	239
Eco2Cem	Eco2Cem	150		
Hoogovenslakken	slakken	150		
Kalksteenmeel	kalksteen	50		150
Poederkoolvliegias	vliegias/bodemas	150		
Brekerzand	Brekerzand			230
Industriezand	zand	4	38	159
betongranulaat	granulaat	30		
menggranulaat	granulaat	30		
alternatief	alternatief			150
overig	overig			150