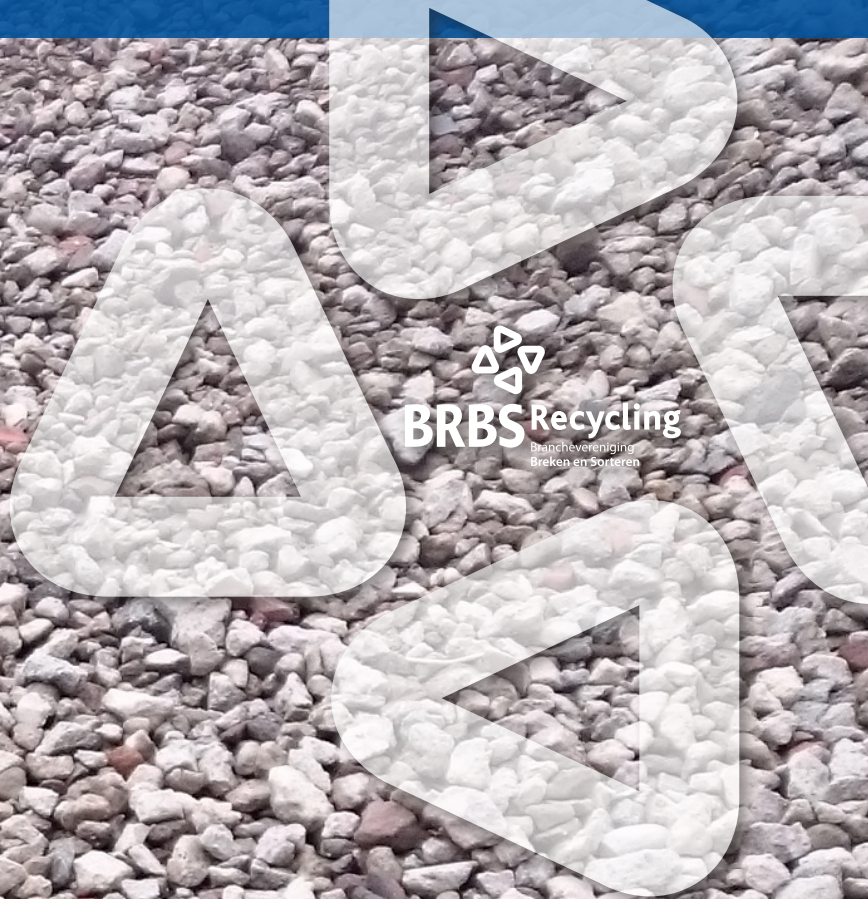


**D
O
S
S
I
E
R**




BRBS Recycling
Branchevereniging
Breken en Sorteren

**Recyclinggranulaat
een goed
kwaliteitsproduct**

**ONMISBARE BOUWSTOF
IN DE CIRCULAIRE ECONOMIE**



Colofon

Samensteller: Peter Broere - BRBS Recycling

Vormgeving:
JANMEERDINK.COM

Datum: november 2023

BRBS Recycling
Van Heemstraweg West 2b
5301 PA Zaltbommel



Inhoud

1	Inleiding en historie	5
1.1	Historie	5
1.2	Ontwikkeling kwaliteit	5
2	VOLUMES	7
3	Wat is recyclinggranulaat?	9
3.1	Proces	9
3.2	Typen recyclinggranulaat	9
3.3	Recyclinggranulaat als funderingsmateriaal	10
3.4	Technische eigenschappen recyclinggranulaat	12
4	Kwaliteitsborging	16
4.1	Wir-war aan bewijsmiddelen	16
4.2	Wat voegt certificatie toe?	18
5	Einde afval voor recyclinggranulaat	19
5.1	Een korte historie	19
5.2	Een unieke regeling	19
5.3	Eenvoud van de regeling	19
5.4	Conformiteitsverklaring verplicht	20
5.5.	Ervaringen met de regeling	20
5.6.	Reach	20
6	Regelgeving in de keten	21
6.1	Stortverbod	21
6.2	Wet milieubeheer, Omgevingswet, Activiteitenbesluit, Besluit melden afvalstoffen	21
6.3	LAP3, scheiden, mengen, Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS)	21
6.4	Europese regelgeving	22
6.5	Bouwproductenverordening (CPR)	22
6.6	Bouwbesluit	23
6.7	Besluit mobiel breken	24
6.8	Besluit bodemkwaliteit	26
6.9	Hoogwaardige recycling	26
6.10	Toezicht en handhaving	26
6.11	Slot	27
7	Recyclinggranulaat in beton	28
7.1	Eisen	29
7.2	Cementgebruik	30
7.3	Fijne fractie	30
7.4	Richtlijn kwaliteit recyclinggranulaten voor beton	30
7.5	Markt en beschikbaarheid	30
7.6	Meer en betere recycling	30
7.7.	Circulariteit	31
7.8.	Innovatieve technieken	31
7.9.	Markt	31

8	Andere toepassingen van recyclinggranulaat	32
8.1	Verhardingslaag of (tijdelijke) werkverhardingen	32
8.2	Ketensluiting	32
8.3	Cement treated base (CTB)	33
8.4	Schraal beton	33
8.5	Waterbuffering en drainage	33
8.6	schanskorven	34
8.7	Straatzand	34
8.8	Toeslagmateriaal voor paalmatrasen	34
8.9	Aanvullingen en ophogingen	34
8.10	Dijkenbouw	34
8.11	Oeverbescherming en waterbouwsteen	34
8.12	Vulstoffen	34
9	Duurzaamheid	35
9.1.	Methode	35
9.2.	Recyclebaarheid	36
9.3.	Granulaat onder de weg: unieke eigenschappen	36
9.4.	Welk alternatief onder de weg?	36
9.5.	Geen beton onder de weg	36
9.6.	Duurzaamheid van granulaat in beton	36
9.7.	Recyclingbeton	37
9.8.	Transport en afstand	37
9.9.	Duurzaam en circulair	37
10	Een blik vooruit	38
10.1.	Van een horizontale naar een verticale bedrijfskolom	38
10.2.	Innovatie	38
10.3.	Mobiel breken	39
10.4.	Recyclebaarheid: (g)een technisch verhaal	39
10.5.	Hoogwaardigheid – eis recycled content!	39
10.6.	Wind mee?	40
10.7.	Tot slot	40
	Bijlage 1: Veiligheid en voorzorg	41
	Bijlage 2: Minder beton onder de weg	44

1 Inleiding en historie

In Nederland bestaat veel ervaring met de toepassing van recyclinggranulaat in de wegenbouw. De kennis hierover is echter versnipperd vastgelegd. Nieuwe regelgeving vereist andere borging van de kwaliteit en daardoor meer kennis van het product bij de toepasser / afnemer. Reden voor BRBS Recycling om de kennis inzake recyclinggranulaat te bundelen in deze uitgave.

1.1 Historie

Recyclinggranulaat is het succesproduct van het Nederlands afvalbeleid. Hoe is dat ontstaan?

Recyclinggranulaat is het product dat is ontstaan uit de bewerking van de steenachtige fractie van bouw- en sloopafval. In de jaren '60 van de twintigste eeuw ontstond er steeds meer puin, afkomstig uit de steden waar een ijverige naoorlogse bouwlust bestond. Puin werd gestort, maar dat werd snel duurder in die periode.

Voor plattelandswegen werden funderingen aangelegd van steenpuin, maar voor rijks-wegen was dit niet toegestaan. Daar werd hoogoven- en staalslak, lava of zandcement gebruikt die op een laag zand werden gelegd.

Dat de fundering van recyclinggranulaat (beton- en menggranulaat) ook onder rijks-wegen succesvol werd, kwam door een aantal factoren:

- De toename van de hoeveelheid vrachtverkeer en daardoor behoefte aan stabielere wegen;
- Problemen met de bestaande funderingsmaterialen;
- De stortkosten van puin namen toe;
- Nederland heeft geen eigen natuurlijke grondstofbronnen voor deze toepassing;
- Het aanbod van gekwalificeerd granulaat nam toe;
- De overheid voerde een beleid dat gebruik van secundaire materialen stimuleerde.

Door deze ontwikkelingen werd de wegfundering sterker en was een minder dikke asfaltlaag nodig. Intussen werden de kwaliteitscriteria vastgelegd in standaarden en werd een gedegen civieltechnische en milieuhygiënische controle (waaronder op asbest) ingevoerd. Resultaat: goedkoper, sterker, betrouwbaar en een groen imago. Dit heeft ertoe geleid dat recyclinggranulaat vrijwel het enige materiaal is geworden dat als fundering wordt gebruikt.

Al jarenlang wordt bijna 100% van het vrijkomend steenachtig bouw-, sloop- en productieafval voor hergebruik geschikt gemaakt. Dit is momenteel ongeveer 25 miljoen ton van de ruim 60 miljoen ton aan afvalstoffen die in Nederland vrijkomt: circa 40%! Een belangrijke pijler onder het Nederlandse circulaire beleid.

1.2 Ontwikkeling kwaliteit

In 1980 is BRBS Recycling opgericht, die haar focus direct richtte op de kwaliteit van recyclinggranulaten. Dat leidde tot een groter aanbod van gekwalificeerd granulaat. De vereniging richtte zelf de Stichting Kwaliteitsborging Korrelmix® op (SKK®) en voerde controles uit bij haar leden. Het SKK® kwaliteitscertificaat omvatte destijds al milieuhygiënische en civieltechnische kwaliteitseisen, die nu nog steeds onderdeel zijn van het huidige certificaat BRL 2506. De invoering van het Besluit bodemkwaliteit (voorafgegaan door IPO-interimbeleid en Bouwstoffenbesluit) leidde er in 1995 toe dat het branche-eigen certificaat werd omgezet naar het KOMO / NL-Bsb certificaat onder controle van externe en geaccrediteerde certificatie-instellingen.

Anno 2023 is recyclinggranulaat gemeengoed en heeft het een betrouwbaar imago. Het is toepasbaar in alle typen wegen. Daarnaast worden granulaten toegepast in



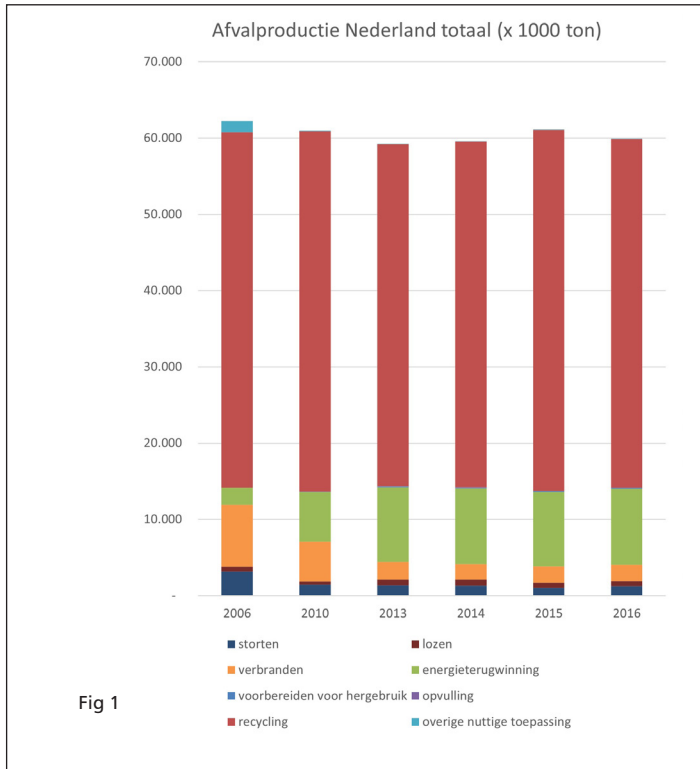
beton en wordt het in diverse andere toepassingen gebruikt. Door veranderende maatschappelijke eisen wordt verdere verbetering doorgevoerd van de kwaliteit van de recyclinggranulaten. Het streven naar een betere kwaliteit is daardoor een continu proces gebleken.

Voorliggende uitgave is een weergave van meer dan 40 jaar focus op kwaliteit voor een onmisbare bouwstof, te weten recyclinggranulaat uit steenachtige fractie van bouw- en sloopafval.



2 Volumes

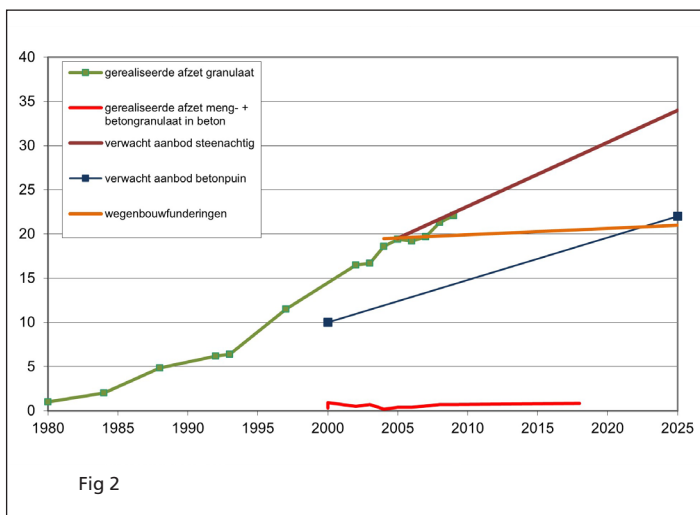
In Nederland wordt in totaal ruim 60 miljoen ton afval geproduceerd, zie figuur 1. Dat zijn allerlei afvalstoffen zoals huishoudelijk afval, grof huishoudelijk afval, bedrijfsafval, en bouw- en sloopafval, industrieel afval, KWD, etc. Puin afkomstig van bouwen, slopen, renoveren en gelijksoortige activiteiten, valt in de categorie bouw- en sloopafval.



Dat Nederland kampioen recycling is, komt met name door de hoge percentages recycling die met bouw- en sloopafval worden gerealiseerd.

Sinds de beginjaren 1980 tot 2010 is de hoeveelheid recyclinggranulaat voor de wegenbouw gegroeid van circa 4 miljoen ton tot circa 18 miljoen ton (exclusief gebonden asfaltgranulaat), zie figuur 2. Aangenomen wordt dat dit sinds 2010 in dezelfde trend is blijven groeien. Wel is er wisselend overschot en tekort waargenomen in de markt. Waarschijnlijk is dit een gevolg van externe (macro) economische factoren. Prognoses (o.a. uit 2005) lieten een stabiele ontwikkeling van de inframarkt zien, maar een blijvende stijging van de hoeveelheid vrijkomend steenachtig afval. Dit leidt tot de wens om nieuwe afzetkanalen te zoeken. Ook is een tendens waarneembaar naar hoogwaardiger toepassing van recyclinggranulaten. Toepassing in beton past goed in deze ontwikkelingen en wordt verderop in deze uitgave behandeld, naast enkele andere toepassingsmogelijkheden.

Sinds 2008 zijn er geen betrouwbare cijfers meer geproduceerd van de hoeveelheden puin die door de puinrecyclingbedrijven worden bewerkt.



Schatting is dat anno 2023 circa 25 miljoen ton puin wordt bewerkt. Door direct hergebruik in-situ zijn delen van de puinstroom niet goed in beeld. Dit kunnen oude funderingen zijn en ook oud asfalt dat direct als funderingsmateriaal wordt ingezet.

Als we het resterende puin bekijken dan is aannemelijk dat er ruim 22 miljoen ton puin door recyclingbedrijven wordt bewerkt en gerecycled, dat bestaat uit steenachtige bestanddelen uit de bouw, zoals beton, baksteen, kalkzandsteen, keramiek en andere steensoorten.





Ruim 60% van het vrijkomende puin is beton. Een scenariostudie uit 2005 naar de ontwikkeling van de hoeveelheid vrijkomend puin in de toekomst, wees dit al uit. Gezien het feit dat bedrijven relatief weinig moeite hebben om het conform de Standaard RAW Bepalingen vereiste percentage van 50% beton in menggranulaat te halen, lijkt dit een realistische schatting. In sommige regio's worden gemakkelijk percentages van 70% beton behaald.

Het gereed product wordt voor meer dan 95% geleverd als funderingsmateriaal voor wegen. Een klein deel wordt als toeslagmateriaal voor beton geleverd. Ten opzichte van de behoefte die er in de betonsector bestaat en het boven geschetste aandeel beton, is de afzet naar de betonsector nog steeds relatief gering.

22 miljoen ton granulaat komt overeen met ruwweg 11 miljoen m³. Per jaar. Dit is meer dan 6x een vol Stadion De Kuip Rotterdam. Hiermee kan een tweebaansweg van Utrecht naar Zuid Italië worden gefundeerd. Het nuttig hergebruiken van deze hoeveelheden betekent het voorkomen van storten van dezelfde hoeveelheid en eenzelfde beperking van winning van primaire materialen.



3 Wat is recyclinggranulaat?

3.1 Proces

Door het slopen van bouwwerken en wegen komt puin vrij. Gebruik van onbewerkt puin is wettelijk niet toegestaan. Puin wordt gebroken en opgewerkt tot recyclinggranulaat. Het reguliere productieproces wordt voorafgegaan door een nauwkeurig acceptatieproces van de in te nemen afvalstoffen. Het proces bestaat uit breken (met kaakbreker, impactbreker (roterende breker) of conische breker) en nabewerking met zeven, zifters en magneten om het recyclinggranulaat van vreemde bestanddelen te ontdoen en het in verschillende graderingen te classificeren.

Er worden in het veld verschillende definities van recyclinggranulaat gebruikt die in de tijd meermaals zijn aangepast. In de Regeling einde-afvalstatus Recyclinggranulaten en BRL 2506 (2022) worden de volgende definities gehanteerd:

- recyclinggranulaat: granulaat dat ontstaat bij het bewerken van steenachtige afvalstoffen.
- steenachtige afvalstoffen: steenachtige afvalstoffen die vrijkomen bij het bouwen, renoveren en slopen van bouwwerken en wegen en andere afvalstoffen die qua aard en samenstelling daaraan gelijkwaardig zijn.

Omdat hier in het veld nog wel eens onduidelijkheid over bestaat, is in BRL 2506 vastgelegd dat AVI-bodemassen, (gereinigde) grond en slakken direct uit metaalbereiding expliciet zijn uitgesloten van deze definitie.

3.2 Typen recyclinggranulaat

Er zijn verschillende typen recyclinggranulaten te onderscheiden. De indeling van recyclinggranulaten is gebaseerd op de fysische samenstelling van het granulaat met betrekking tot de gehalten van de verschillende steensoorten in de mengsels. In tabel 1 zijn de eisen voor de samenstelling van meng-, beton en metselwerkgranulaat weergegeven. Deze eisen zijn Europees vastgesteld en opgenomen in de geharmoniseerde productnormen. Op grond daarvan wordt de samenstelling, die tevens overeenkomt met de Standaard RAW Bepalingen, aangeduid als weergegeven in tabel 1 op de volgende pagina.

Betongranulaat (BG)

Betongranulaat wordt verkregen uit het breken van beton afkomstig van (bouw) constructies. Betongranulaat wordt als fundatiemateriaal toegepast indien het zwaar belaste funderingen betreft, zoals voor zwaar belaste industrieterreinen. Toepassing van betongranulaat in beton is uit overweging van duurzaamheid en circulariteit te prefereren boven toepassing onder de weg. Rijkswaterstaat heeft aangekondigd te willen stoppen met de toepassing onder wegen. Ook vanuit de recyclingsector wordt de toepassing van betongranulaat in wegfunderingen om deze redenen ontraden.

Menggranulaat (MG)

Menggranulaat wordt verkregen door het breken van betonpuin en metselwerk afkomstig van constructies en gebouwen. Menggranulaat wordt in alle typen funderingen, inclusief autosnelwegen, toegepast.

Metselwerkgranulaat (MWG)

Metselwerkgranulaat wordt verkregen door het breken van metselwerk. In Nederland is de hoeveelheid gecertificeerd metselwerkgranulaat zeer gering. Onder snelwegen wordt metselwerkgranulaat in zuivere vorm niet toegepast.



Tabel 1. Samenstellingseisen recyclinggranulaten

Soort granulaat	Samenstelling	Toelichting
BG	Rc ₈₀ Rcu _{g90} Rb ₁₀₋ Ra ₅₋ X ₁₋ FL ₁₀₋	Rc = beton, verharde betonmortel Ru = Natuursteen, hoogovenslak, LD-slak, mijnsteen, overig steen Rb = metselwerksteen, keramiek, kalkzandsteen, lichtbeton, overig aan Rb gelijkwaardig steen. Ra = bitumineus gebonden steenachtig materiaal (asfalt) Rg = glas X = verontreinigingen (klei, metalen, kunststof, rubber, overig niet-steenachtig, gips) FL = overige verontreinigingen met een massa < 1,0 Mg/m ³ (schuimbeton, cellenbeton, kunststoffen, hout, touw, papier, plantenresten) in cm ³ /kg
MG	Rc _{45declared} Rcu _{g50} Rb ₅₀₋ Ra ₅₋ X ₁ FL ₁₀₋	
MWG	Rb ₈₅ Ra ₁₀₋ X ₁₋ FL ₁₀₋	De cijfers geven de gehalten aan. Met een – is aangegeven dat het een maximum gehalte betreft.
AG	Ra ₈₀ X ₁₋ FL ₁₀₋	
HMG	Mengsel van MG en hydraulische slak	
FG	Afkomstig van het breken van MG, BG of MWG.	

Hydraulisch granulaat (HMG)

Hydraulisch granulaat is beton- of menggranulaat met een toevoeging van 5 tot 20% hydraulische slak. Deze slak moet bestaan uit gegraneerde hoogovenslak, LD staalslak, ELO staalslak of een mengsel van deze slakken.

Asfaltgranulaat (AG)

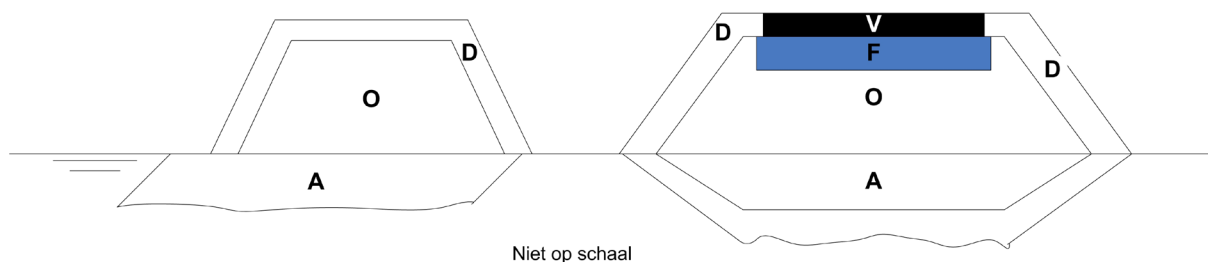
Asfaltgranulaat wordt verkregen door het breken van asfaltbeton uit wegverhardingen. Asfaltgranulaat kan in mengsels met zand en cement een goede funderingslaag opleveren. De meest voor de hand liggende en meer duurzame toepassing van asfaltgranulaat is in nieuw asfalt. Om die reden zijn in de Standaard RAW Bepalingen van het CROW geen eisen geformuleerd voor asfaltgranulaat voor funderingslagen.

3.3 Recyclinggranulaat als funderingsmateriaal

De belangrijkste toepassing van recyclinggranulaat is die in funderingen voor de wegenbouw. In de jaren '70 van de vorige eeuw is een omschakeling gemaakt naar grootschalige toepassing van recyclinggranulaten toen er problemen waren ontstaan met de tot dan toe gebruikelijke materialen (vooral zand, zandcement en slakken). Uit de ervaring die daarna is opgedaan is gebleken dat met recyclinggranulaat een zeer betrouwbare en sterke funderingslaag kan worden gebouwd. Namen die in de loop der jaren voor deze producten werden gebruikt zijn: Repak, boerenmix, gebroken puin, Korrelmix®, puingranulaat, recyclinggranulaat. Alleen gecertificeerd (BRL 2506-1 + 2) recyclinggranulaat kan als betrouwbaar geïnclassificeerd worden.

Nederland kent een eenvoudige opbouw van de wegconstructie, zie figuur 3. Op een ophoging of aanvulling, meestal bestaande uit de lokale grondslag en zand, wordt een funderingslaag aangebracht, die als constructieve basis voor de toplaag van asfalt of beton wordt gebruikt. In het buitenland is het gebruikelijk dat een sublaag of belastingspreidende laag wordt aangelegd tussen de ondergrond en de funderingslaag. De deklaag dient met name als teelgrond voor bermgras.





Figuur 3: Standaard wegoopbouw

- A = aanvulling
- O = ophoging
- F = funderingslaag
- V = verhardingslaag
- D = deklaag

Fundering techniek

Funderingen worden aangelegd ter verbetering van de lokale draagkracht van de ondergrond. Daarnaast gelden eisen aan het voorkomen van vochtproblemen in de wegconstructie en (besparing op) de laagdikte van de (dure) toplaag (asfalt of beton). Uiteraard speelt ook de prijs een rol. De fundering wordt gedimensioneerd op basis van de kwaliteit van de ondergrond en verwachte belasting (aslasten: intensiteit en belasting) van de aan te leggen weg. De belangrijkste eigenschap van deze laag is het draagvermogen die met name wordt bepaald door de elastische vervormbaarheid of de weerstand tegen vervormingen. De vervormbaarheid wordt de e-modulus genoemd, die wordt uitgedrukt in mega-pascal (MPa).

Er bestaat verband tussen de korreleigenschappen (korrelsterkte, korrelverdeling, korrelgrootte) en de eigenschappen van de fundering (functionele eigenschappen / draagvermogen). Dit is zowel op laboratoriumschaal als met behulp van proefvakken onderzocht. Samen met de jarenlange ervaring en praktijkmetingen is een empirie opgebouwd waarvan bij het ontwerp van wegen gebruik kan worden gemaakt, zie tabel 2.

Tabel 2. Kengetallen van funderingsmaterialen

soort granulaat	stijfheidsmodulus (E-modulus MPa)
betongranulaat	600 – 800
menggranulaat	400 – 600
metselwerkgranulaat	150 – 250
hydraulisch granulaat	600 – 800
asfaltgranulaatcement	2500 – 5000
schraal beton	15000 – 30000
zand	75 – 150
lavasteen	50 – 300
natuurlijke steenslag	100 – 400

Bij het ontwerp van wegen worden ontwerpmodellen gebruikt voor de dimensionering van de lagen. Op basis van ondergrondgegevens, verwachte belasting van de weg (intensiteit, last), wordt de benodigde sterkte van de lagen berekend. Omdat de toplagen (asfalt of beton) relatief kostbaar zijn probeert men te besparen op de dikte van deze lagen, zonder dat daarbij de kwaliteit in het geding mag komen. Duurzaamheid en kosten zijn een belangrijke redenen om te willen besparen op de dikte van toplagen van beton en asfalt. Het blijkt dat met recyclinggranulaat als funderingslaag de toplagen veel dunner gedimensioneerd kunnen worden. Een vergelijk met 'zand in zandbed' levert volgens de gebruikelijke Nederlandse dimensioneringsberekeningen op dat een laag van 25 centimeter menggranulaat een besparing geeft van 60 mm asfalt ($E_{\text{ondergrond}} = 100\text{MPa}$). Bij een slappere ondergrond kan dit oplopen tot 90 mm ($E_{\text{ondergrond}} = 50\text{MPa}$).

Toename van stijfheid

Een unieke eigenschap van recyclinggranulaat is dat de sterkte (stijfheid) door verkitting en hydraulische werking van de bestanddelen toeneemt in de tijd. De langzame sterktegroei voorkomt scheurvorming van de toplaag. Interessant gegeven is dat uit onderzoek van Rijkswaterstaat aan de A15 in de jaren 80 is gebleken dat bij hergebruik van oude funderingslagen, deze sterktegroei opnieuw zal optreden.

Een te grote stijfheid (> 2.500 MPa) kan schade opleveren door scheuren en spatten.

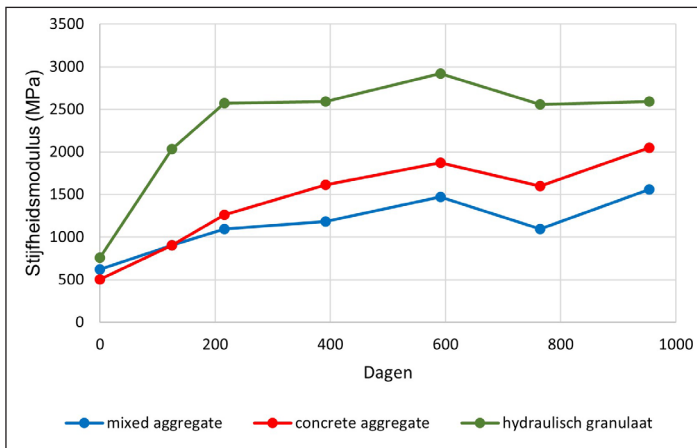
In figuur 4 is de ontwikkeling van de stijfheid weergegeven voor 3 soorten recyclinggranulaat.

In de beginfase van de puinrecycling in Nederland kwam veel grond met organisch materiaal mee en dat kwam uiteindelijk in het granulaat terecht. Tegenwoordig is sorteersand dat soms aan recyclinggranulaten wordt toegevoegd een gelijksoortige bedreiging voor de kwaliteit. Dit soort stoffen zorgt voor beperking van de binding en daardoor een veel slechtere prestatie van het product.

Door voorafzeven van grond uit het aangeboden puin kon het product aanzienlijk worden verbeterd. Inmiddels zijn de processen bij sloop en puinverwerking zo verbeterd dat de fijne fractie deze problemen niet meer kent. Het is echter wel een aandachtspunt dat nog steeds



onderdeel uitmaakt van de kwaliteitsregelingen voor goede recyclinggranulaten.



Figuur 4 Ontwikkeling stijfheid recyclinggranulaten

CBR-waarde

De California Baring Ratio (CBR-waarde) is een test die een snelle inschatting kan geven van het draagvermogen van een product. In diverse onderzoeken [12] wordt geconcludeerd dat de CBR-waarde geen correlatie vertoont met de e-modulus. De vaak gebruikte vuistregel $E \text{ (MPa)} = 10 \text{ CBR}$ kan niet worden aangetoond. Een goede vervanger van deze test is niet beschikbaar en daarom wordt de CBR proef nog steeds gehanteerd bij de productiecontrole. De triaxiaalttest (een laboratoriumproef waarmee een simulatie mogelijk is van de belasting van het materiaal) is daarvoor te omvangrijk. Alternatief is in-situ meting met behulp van valgewichtdeflectiemetingen, die steeds vaker ook met handmatig te bedienen apparatuur mogelijk zijn.

3.4 Technische eigenschappen recyclinggranulaat

Uit onderzoek van de TU Delft [10] komt naar voren dat met de verschillende eigenschappen van het recyclinggranulaat het gedrag van de funderingslaag goed kan worden voorspeld. Vooral de gradering, hoekigheid van het materiaal, samenstelling en verdichtingsgraad zijn hier van belang. Dit zijn veel eenvoudiger te bepalen eigenschappen in vergelijking met een laboratoriummethode die direct de praktijkstijfheid geeft van hetzelfde materiaal. Dit is reden dat niet noodzakelijk een omschakeling moet worden gemaakt naar functioneel specificeren. De huidige wijze van specificeren op basis van materiaalkwaliteit volstaat.

In de Standaard RAW Bepalingen zijn voor deze eigenschappen eisen opgenomen.

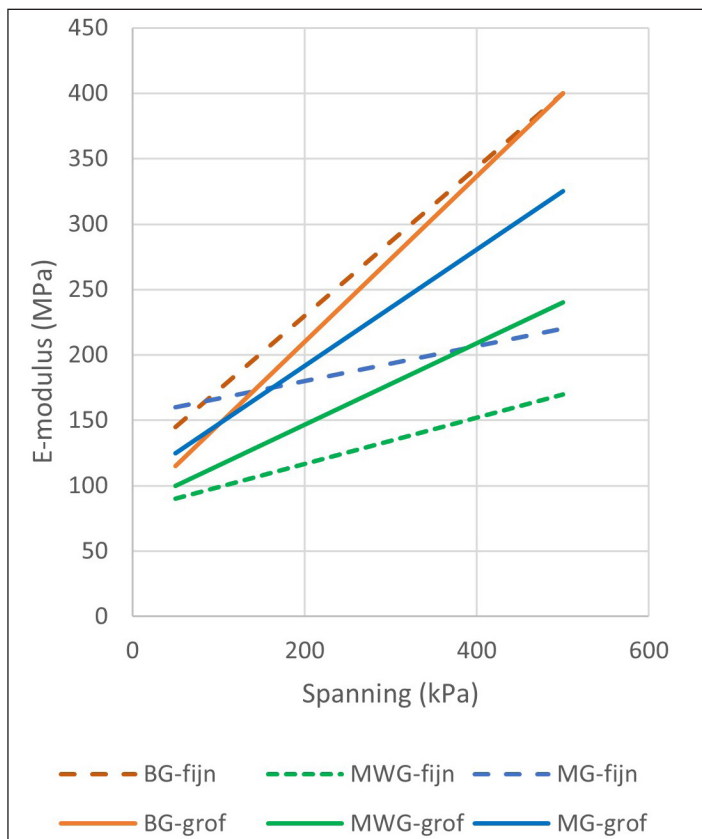
Gradering

Het granulaat kan in verschillende graderingen worden geleverd. Voor civieltechnische toepassingen is de gradering 0/31,5 het meest gangbaar. Doormiddel van ofwel een andere instelling van de puinbreker ofwel zeefprocessen kan vrijwel iedere korrelgradering worden gemaakt.

De Standaard RAW Bepalingen geven een bandbreedte voor de korrelverdeling. Deze eisen zijn bepaald op basis van EN 13285. Binnen de gegeven bandbreedte van de Standaard RAW Bepalingen is onderzoek [4, 2] verricht naar grovere, fijnere en discontinue (graderingen waar een deelfractie ontbreekt) korrelverdelingen en de gevonden stijfheden. Hieruit blijkt dat de gemiddelde tot grovere graderingen een stijvere fundering opleveren dan de fijnere. De gevonden spreiding is echter zo groot dat de invloed van de korrelverdeling op de stijfheid vrijwel wegvalt in de ruis. Een discontinue gradering geeft een lagere prestatie.

Binnen de bandbreedte van de korrelverdeling zoals voorgeschreven in de Standaard RAW Bepalingen (vanaf 1978 tot heden, is de invloed van de gradering op de prestaties van meng- en betongranulaat gering. In meer extreme gevallen is gevonden [12] dat de grovere mengsels een lagere weerstand tegen permanente vervorming hebben dan bij een fijnere korrelverdeling.





Figuur 5. Vergelijking stijfheid recyclingmaterialen.

Dit geeft aan dat de korrelverdeling zoals deze is gedefinieerd in de Standaard RAW Bepalingen voldoende nauwkeurig is in relatie tot de gewenste prestatie van het product.

Hoekigheid

Een hoekige korrel levert een hogere stijfheid op. Door het breken zijn ronde korrels in het product niet of nauwelijks aanwezig. Het onderzoek op de aanwezigheid van ronde- en ongebroken korrels dat ooit verplicht werd uitgevoerd onder de certificatieregeling is derhalve geschrapt. Bij toevoegen van rond materiaal zoals grind aan recyclinggranulaat is dit een aandachtspunt. Vanwege de hoekigheid van de korrels is recyclingzand (de fijne fractie uit recyclinggranulaat) een gewild product bij stratenmakers.

Korrelsterkte

Het bezwijkgedrag van funderingen (de mate waarin de fundering de krachten van het verkeer kan verwerken) hangt ook samen met de korrelsterkte van de samenstellende bestanddelen en met de gevonden (plastische) vervorming van de materialen. Hierover is weinig gerapporteerd in literatuur. Recyclinggranulaat voldoet doorgaans ruim aan de in de Standaard RAW Bepalingen gestelde eis voor de Los Angeles Coëfficiënt (maat voor de weerstand tegen verbrijzelen).

Toelichting op figuur 5

Bij het testen van draagvermogen van funderingen wordt wel de triaxiaalproef gebruikt. Hierbij wordt een (groot) proefstuk gemaakt en in de opstelling gebouwd. Op het proefstuk worden op zeer nauwkeurige wijze spanningen opgebouwd, die die verkeerslast, het eigen gewicht en voorspanning simuleren. In de praktijk lopen deze spanningen (door verkeer en constructie gegenereerde) spanningen uiteen van 50 tot 500 kPa.

Door bij deze lasten (spanningen), opgelegd in verschillende combinaties, de vervormingen (elastische en plastische) te meten ontstaat een goed beeld van het draagvermogen van de wegconstructie. Gebleken is dat mengsels die hier goed presteren (hoge e-modulus), dat ook in de praktijk doen.

Samenstelling

De samenstelling van recyclinggranulaten heeft invloed op de prestaties van de funderingslaag. Uit onder meer de onderzoeken op de proefvakken te Alphen a/d Rijn [1] blijkt dat betongranulaat een hogere stijfheid genereert dan menggranulaat. Uit het onderzoek van de TU Delft [4] blijkt dat menggranulaat een grotere tolerantie heeft voor de korrelverdeling en afhankelijk van de belasting (spanning) zelfs gelijkwaardig met betongranulaat presteert (zie figuur 5).

Menggranulaat blijkt niet zondermeer als een gemiddelde kwaliteit tussen metselwerkgranulaat en betongranulaat gepositioneerd te kunnen worden. Bij lagere spanningen presteert menggranulaat gelijkwaardig aan betongranulaat (soms beter), terwijl dit bij hogere spanningen tussen betongranulaat en metselwerkgranulaat in ligt.

In bijlage 2 is een samenvatting van het Kiwa/KOAC onderzoek uit 2020 opgenomen dat is uitgevoerd naar het effect van minder beton in menggranulaat. Hieruit volgt dat de prestatie van het product afneemt naarmate er minder beton aanwezig is. Correctie van het draagvermogen door een grotere laagdikte van het funderingspakket of door een grotere dikte van de toplaag is maar beperkt mogelijk zonder dat dit buitenproportioneel wordt. Toch kan een beperkte verlaging van het betonpercentage relatief veel tonnen beton uitsparen om toe te





passen in onder meer beton. Daarom blijft het interessant deze ontwikkeling te volgen.

De stijfheid van funderingen met hydraulisch menggranulaat is vergelijkbaar met die van betongranulaat. Hydraulisch betongranulaat heeft de neiging tot schadegedrag in verband met de te hoge stijfheid die kan worden bereikt. Ten opzichte van een gebonden fundering (een met cement gebonden granulaat) is toepassing van hydraulisch granulaat in zettingsgevoelige gebieden een goede keuze vanwege de langzame groei van de sterkte waardoor scheurvorming wordt voorkomen.

Gezien de verschillen in korrel dichtheid van de samenstellende componenten in het recyclinggranulaat kan ontmenging plaatsvinden. Door een goede verwerkingsmethode kan dit worden vermeden. De korrelsterkte van metselwerkgranulaat is lager dan van betongranulaat, waardoor er onder belasting meer fijne fractie kan ontstaan. In natte omstandigheden kan dit de kans op 'verpapping' vergroten.

Asfalt kent een taai breekgedrag waardoor asfaltgranulaat soms moet worden aangevuld met zand. De korrels in asfaltgranulaat zijn omsloten door bitumineus materiaal waardoor het asfaltgranulaat gevoelig is voor plastische vervorming waardoor spoorvorming kan ontstaan. Daarom ligt ongebonden toepassing van asfaltgranulaat minder voor de hand en is warm hergebruik in nieuw asfalt een betere keuze. Ook bij toepassing als gebonden asfaltgranulaat kan de viscositeit van het bitumen leiden tot schade.

Verdichtingsgraad

Bij verdichting is het vochtgehalte van het recyclinggranulaat van belang. Voor de inbouw in de funderingslaag dient derhalve het verband tussen de dichtheid en het vochtgehalte te worden bepaald in een (eenpunts)proctorproef. In deze laboratoriumproef wordt bepaald bij welk vochtgehalte de maximum dichtheid kan worden gehaald. De in het laboratorium bepaalde maximum dichtheid wordt op 100 gesteld. Bij de aanleg van de funderingslaag wordt een hogere dichtheid vereist dan in het laboratorium wordt gerealiseerd.

De verdichtingsgraad heeft van de genoemde eigenschappen van het granulaat de grootste invloed op de stijfheid van de uiteindelijke funderingslaag. Het effect van blijvende vervorming is bij een verdichtingsgraad van 103% veel kleiner dan bij een verdichtingsgraad van 100% ten opzichte van de in het laboratorium verkregen dichtheid. In het onderzoek bij de TU Delft [4] werd gevonden dat bij een fundering met 103% verdichting 40 mm asfalt nodig is om alle spanningen op te vangen. Bij een verdichting van 100% was dit 80 mm asfalt!

Bij de inbouw van de funderingslaag dient dus rekening te worden gehouden met ontmenging, verpapping, verdichting en verontreiniging.

Onderzoek en de jarenlange ervaring met recyclinggranulaat heeft aangetoond dat met recyclinggranulaat met bovengenoemde eigenschappen en zorgvuldige aanleg van de wegconstructie voldoende zekerheid bestaat dat een hoogwaardige funderingslaag kan worden aangelegd, zonder problemen met draagvermogen, vorst-dooi schade, verpapping, scheurvorming en ander schadegedrag.

Interessante literatuur waar in dit hoofdstuk gebruik van is gemaakt:

- [1] H. Grootveld, Rijkswaterstaat, Proefvakken Alphen a/d Rijn, Augustus 2001.
- [2] CROW publicatie 18, Steenfunderingen beter gefundeerd.
- [3] L. de Bock, Literatuurstudie over de toepassingsmogelijkheden van puingranulaten in de wegenbouw, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, Sterrebeek (B), april 2004.
- [4] A. A. Niekerk, Mechanical behaviour and performance of granular bases and sub-bases in pavements, Proefschrift Master Science Road engineering, Delft 2002.
- [5] DWW wijzer 11. Asfaltgranulaat.
- [6] DWW wijzer 13. (Teerhoudend) Asfaltgranulaatcement
- [7] DWW wijzer 18. Menggranulaat.
- [8] DWW wijzer 18a. Hydraulisch menggranulaat.
- [9] CROW Publicatie 341, Handboek Funderingsmaterialen in de Wegenbouw, Ede, Mei 2014
- [10] Prof. A..A.A. Molenaar en Prof. M. Huurman, Permanent Deformation in Flexible Pavements with Unbound Base Courses, Notitie, Delft, 2006
- [11] Mark Stet, Berwich Sluer e.a., Rekenen aan ongebonden funderingen, Bijdrage aan CROW wegbouwkundige werkdagen, 2004.
- [12] Govert T.H. Sweere, Unbound granular bases for roads, PhD Dissertation, Delft 1990



4 Kwaliteitsborging

Kwaliteit is voor recyclingproducten een absolute vereiste. Het in de jaren '80 van de vorige eeuw opgezette branche-eigen kwaliteitssysteem Korrelmix® is in 1995 opgegaan in de nationale en onafhankelijke certificatieregeling BRL 2506. Deze geldt nog steeds. Sinds 2017 is de certificatieregeling gesplitst in een technisch deel 1 (KOMO) en een milieudeel 2 (NL-BSB).

Voordat kon worden gesteld dat de recyclinggranulaten geschikt zijn voor toepassingen als funderingsmateriaal of bijvoorbeeld grindvervanger in beton, is er veel onderzoek gedaan en kennis en ervaring opgedaan. Daaruit zijn producteisen en testprotocollen ontstaan die in normen en certificaten zijn opgenomen. Veel van deze kennis is verzameld in het certificaat volgens BRL 2506 waardoor vertrouwd kan worden op dit certificaat.

4.1 Wir-war aan bewijsmiddelen

De bewijsvoering van de kwaliteit van recyclinggranulaat is verdeeld over meerdere, deels verplichte, bewijsmiddelen. Voor afnemers van deze producten is het niet altijd duidelijk wat men moeten vragen of wat de documenten betekenen. Toch zijn deze er juist om het makkelijker te maken. Hieronder uitleg.

BRL 2506

BRL 2506 is in 2017 in twee delen gesplitst: BRL 2506-1: het KOMO certificaat dat de civieltechnische kwaliteit aantoont en BRL 2506-2: het NL-Bsb certificaat dat de milieukwaliteit aantoont. BRL 2506-2 biedt grote voordelen voor de bedrijfsvoering van de producent en daarom ligt het voor de hand dat bedrijven en hun afnemers dit certificaat hanteren, alleen al omdat dit rechtstreeks geldt als wettelijk bewijsmiddel voor de milieukwaliteit volgens het Besluit bodemkwaliteit.

In tabel 3 zijn de te onderscheiden keurmerken voor recyclinggranulaten opgenomen.

Tabel 3. Keurmerken voor recyclinggranulaten

keurmerk	verbonden met	opmerking
CE markering	Bouwproductenverordening	Verplicht (voor geharmoniseerde producten). Toont aan dat is voldaan aan de Bouwproductenverordening. Concreet wordt via geüniformeerde meetmethoden de kwaliteit bepaald en vastgelegd. Het niveau van deze kwaliteit is ondergeschikt.
KOMO certificaat BRL 2506 deel 1 (-)		Niet verplicht. Toont de technische kwaliteit aan, zoals die in Nederlandse standaarden en normen is vastgelegd.
NL-Bsb certificaat BRL 2506 deel 2	Besluit bodemkwaliteit	Niet verplicht (alternatief is partijkeuring). Toont de milieuhygiënische kwaliteit aan volgens het Besluit bodemkwaliteit.

In het kader van de Wet kwaliteitsborging bouw (Wkb) wordt het certificaat steeds belangrijker. De bouwer is volgens deze wet verantwoordelijk voor de door hem verwerkte producten en de verwerking daarvan door onderaannemers. KOMO-getificeerde producten maken de kwaliteit aantoonbaar waarbij deze door externe onafhankelijke partijen is geborgd. Dit geeft gemak en op die manier kunnen afnemers hun aansprakelijkheid beheersen.



CE markering

Het aanbrengen van CE markering op bouwproducten is verplicht volgens de bouwproductenverordening, voor producten die onder geharmoniseerde normen vallen. Dit geldt derhalve voor de meeste recyclinggranulaten. De CE markering dekt af dat de producent de kwaliteit van zijn product vaststelt en verklaart door middel van een prestatieverklaring (DoP). Een goede (legale) prestatieverklaring betekent echter nog geen goed product voor in de beoogde toepassing.



KOMO® Certificaat BRL 2506 DEEL 1)

BRL 2506 deel 1 bevat alle relevante (civiel)technische eisen afkomstig uit (inter) nationale standaarden en normen. Dit gaat vooral over wegenbouwtoepassingen. Ook toepassing van recyclinggranulaat in beton is in BRL 2506 opgenomen.



BRL 2506-1 is gebaseerd op geaccepteerde standaarden zoals Europese en Nederlandse normen, Standaard RAW Bepalingen, CUR Aanbevelingen. Dit is geen wettelijke basis, maar wel erg belangrijk om als afnemer te weten of het product geschikt is voor de beoogde toepassing. Het certificaat BRL 2506-1 geeft de klant zekerheid van een goede technische kwaliteit. De technische geschiktheid van producten is het grote verschil met de verplichte CE markering dat alleen de productprestatie op zichzelf verklaart. CE markering toont niet aan dat een product geschikt is voor de beoogde toepassing en betekent niet per definitie een hoge productkwaliteit. De afnemer moet bij CE markering zelf controleren of het ontvangen product geschikt is voor de toepassing. BRL 2506-1 neemt dat probleem weg.

De BRL 2506 deel 1 zorgt voor de belangrijke borging van de kwaliteit van de producten, waar afnemers naar vragen. Helaas is door recente wetgeving dit deel van het certificaat niet meer wettelijk vereist en kan de verleiding bij recyclingbedrijven ontstaan dit certificaat uit kostenoverwegingen buiten beschouwing te laten. De kans dat dit leidt tot slecht presterende producten is echter groot. Afnemers wordt dan ook aanbevolen dit certificaat te eisen bij gebruik van recyclinggranulaten.

BRL 2506 deel 1 is tevens een solide basis voor het einde-afval predicaat.



NL-Bsb certificaat (BRL 2506 Deel 2)

BRL 2506 deel 2 is voor de milieukwaliteit volgens het Besluit bodemkwaliteit (NL-BSB). De gecertificeerde recyclinggranulaten zijn vrij toepasbaar. Met alleen BRL 2506 deel 2 is de technische kwaliteit niet aangetoond, maar enkel en alleen de milieukwaliteit. Dit certificaat toont aan dat het product voldoet aan de milieuhygiënische eisen voor bouwstoffen voor toepassing in bodem en water volgens het Besluit bodemkwaliteit. Dit is een wettelijke regeling.

Aan de vereisten van het Besluit bodemkwaliteit kan ook worden voldaan middels een partijkeuring die dient te zijn uitgevoerd volgens dit Besluit. Dit betreft een gedetailleerde set van regels voor monsterneming, monstervoorbehandeling, analyse, toetsing en rapportage. Gezien de duur van een partijkeuring van circa 6 weken kiezen producenten vooral voor certificering, waarmee tijdens het proces wordt gekeurd en continu kan worden geleverd.



Omdat het NL-Bsb certificaat belangrijke voordelen biedt ten opzichte van de partijkeuring, is dit zakelijk gezien veruit te prefereren. De voordelen betreffen de lagere keuringskosten door steekproefsgewijs keuren en de mogelijkheid het product direct te kunnen leveren. Bij een partijkeuring moeten eerst de keuringsresultaten worden afgewacht.



4.2 Wat voegt certificatie toe?

BRL 2506 bevat een intensief keuringsprotocol dat op basis van gestratificeerd aselechte en statistisch onderbouwde bemonstering en genormeerde testen een goed product genereert. Het gecertificeerde product is bewezen geschikt voor toepassing. Dit laatste is een belangrijk onderscheid met CE markering, waarbij dat niet is geborgd. Dit is ook onder de Wet Kwaliteitsborging Bouw een belangrijk voordeel.

Het gehele systeem staat onder externe onafhankelijke controle van een certificatie-instelling, die gemiddeld 4x per jaar de bedrijven en productielocaties grotendeels onverwacht bezoekt en monsters neemt en de kwaliteit daarvan vergelijkt met de productiecontrole van de producenten zelf.

GPS

Alle gecertificeerde puinbrekers hebben GPS. Middels dit systeem zijn zowel de stationaire als de mobiele brekers te volgen met betrekking tot locatie en of de breker in werking is. Door deze informatie kunnen door certificatie-instellingen onaangekondigde controles worden uitgevoerd hetgeen de transparantie van de sector vergroot. Het systeem zoals BRBS Recycling dit voor leden en niet-leden heeft ontwikkeld, staat ook ter beschikking voor gemeentelijke handhaving, inspecties en ander toezicht. Dit is geen wettelijke verplichting, maar is wel een vereiste voor alle aangesloten leden van BRBS Recycling.

Deze transparante werkwijze is een versterking van het certificaat, waardoor vertrouwen in deze bedrijven gerechtvaardigd is. Registreren en inloggen op dit systeem kan via www.brbs.nl, waar tevens aanvullende informatie is te vinden.

Acceptatie

Niet van alle, in het bijzonder verontreinigd puin, kan een toepasbaar product worden gemaakt. Denk hierbij aan schoorsteenpuin, zwaar met PCB verontreinigd puin, met asbest verontreinigd puin, etcetera. Conform het Bouwbesluit en de Omgevingswet (vergunningen) mogen verschillende afvalstromen of zelfde afvalstromen van verschillende kwaliteit niet gemengd worden. Daarbij gelden voor bepaalde afvalstromen stortverboden (stortverbod voor bouw- en sloopafval) en mogen afvalstromen enkel terecht komen bij vergunde bedrijven die voor de ontvangst, overslag, bewerking en afzet van deze materialen geëquipeerd zijn.

Uitzondering is gemaakt voor mobiele puinbreekinstallaties die op basis van een melding aan bevoegd gezag mogen werken op slooplocaties, maar waaraan wel een reeks aan voorwaarden is gesteld om de last voor de omgeving te beperken.

Los van de wettelijke vereisten van het Bouwbesluit (Besluit Bouwwerken Leefomgeving onder de Omgevingswet), wordt de kwaliteit in de aanvoer van afvalstromen ook gestuurd door de eisen die gesteld zijn aan het eindproduct. Makkelijk te verwerken stromen worden tegen lagere kosten ingenomen dan stromen die te veel vermengd zijn tijdens de sloop. Door deze verschillen in tariefstelling is hier in zekere mate sprake van een zelfsturende markt, gedreven vanuit de kwaliteit.

De certificatieregeling BRL 2506 voorziet in een strikt en gedetailleerd innamebeleid (acceptatie) voor de te verwerken steenachtige afvalstoffen. Hierin is veel aandacht voor het voorkomen van gevaarlijke afvalstoffen zoals asbest en teer en zijn restricties opgenomen voor andere stoffen zoals kunststoffen, hout etcetera. Alles met het oog op het kunnen realiseren van een goed eindproduct: recyclinggranulaat.



5 Einde afval voor recyclinggranulaat

Sinds 2015 is er in Nederland officiële erkenning dat recyclinggranulaat geen afvalstof is maar een product. Voor producenten en afnemers lijkt dat inmiddels een gewone zaak, maar is dat ook zo en waarom wordt dit gewaardeerd?

5.1 Een korte historie

Het feit dat recyclinggranulaat geen afvalstof is werd al lang door de meeste betrokkenen erkend en werd hier ook naar gehandeld. Veel producenten, afnemers en bevoegde gezagen behandelden het product al als een grondstof en niet als een afvalstof. Rond 2010 kwam daar enige verandering in. In toenemende mate werden partijen recyclinggranulaat door toezichthouders gezien als afvalstof. Dit leidde tot frictie en onbegrip en tot de wens om het voor eens en altijd goed te regelen.

De Kaderrichtlijn Afvalstoffen (KRA) maakt het mogelijk voor lidstaten om nationale einde-afval regelingen op te stellen. Deze kans is door het ministerie van I&W samen met BRBS Recycling aangegrepen. Met technische input vanuit de sector en aan de hand van bijeenkomsten met alle betrokkenen is de (eerste!) einde-afval regeling in Nederland tot stand gekomen. Daarmee is volledige duidelijkheid ontstaan over het moment waarop in de keten van sloop, recycling en hergebruik recyclinggranulaat ophoudt een afvalstof te zijn. Daarmee is tevens erkend dat recyclers grondstofleverancier zijn van hoogwaardige bouwstoffen.

5.2 Een unieke regeling

De einde-afvalregeling voor recyclinggranulaat is nog steeds (anno 2023) de enige einde-afval regeling in zijn soort in Nederland. En dat is best wel uniek. Als we kijken naar wat er elders in Europa op dit vlak gebeurt, dan blijkt het aantal nationale einde-afvalregelingen beperkt. Deze nationale regeling is en blijft een prestatie van formaat.

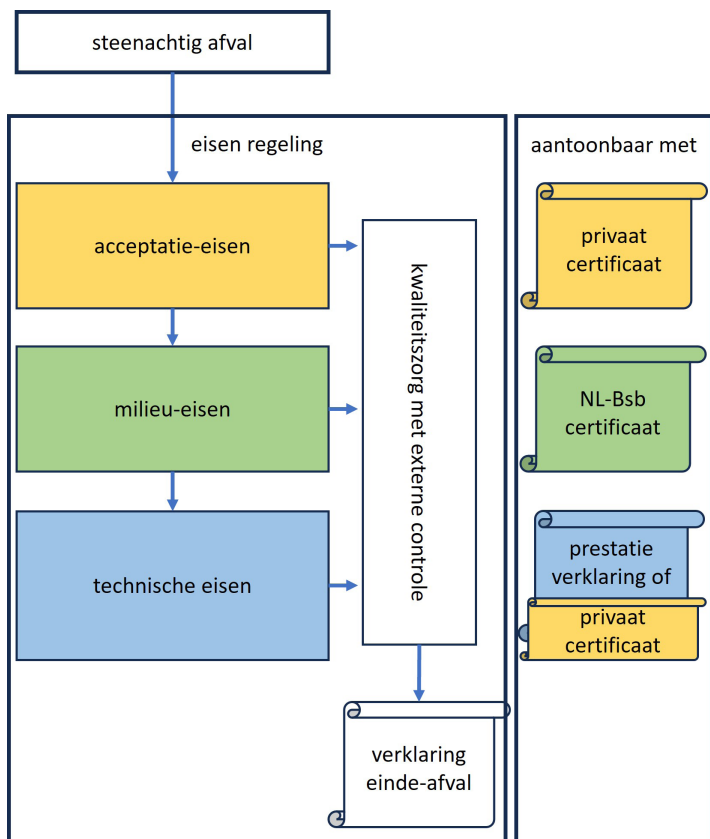
Door de internationale branchevereniging FIR zijn enkele Europese einde-afvalregelingen geanalyseerd. Verschillen tussen de regelingen worden met name veroorzaakt door verschillen in lokale wetgeving: alleen in Nederland is sprake van een op zich staande regeling, waarbij veel kon worden verwezen naar reeds bestaande nationale wetgeving. Dit is bijvoorbeeld in Oostenrijk anders, daar is het einde-afval opgenomen in een alomvattende regeling voor bouw- en sloopafval.

Het idee is vaak dat met de einde-afvalstatus een goede afzetmarkt voor het product ontstaat. De praktijk leert evenwel dat succesvolle regelingen veelal zijn ontstaan in landen waar al een goede afzetmarkt en ook goede regelgeving voor recyclinggranulaat bestond. De negatieve connotatie van "afval minderwaardig" was al weggenomen voordat de einde-afvalregelingen bestonden. Met einde-afval wordt recht gedaan aan de kwaliteit en betrouwbare status van het product.

5.3 Eenvoud van de regeling

Voor recyclinggranulaat bleek in Nederland al voldoende basis te bestaan om een regeling op te stellen. Belangrijke elementen zoals technische vereisten, milieukundige toetsing en kwaliteitsborging waren al lang geregeld (in ondermeer het produceren conform Europese productnormen, het Besluit Bodemkwaliteit en de BRL2506). Feitelijk vormt de bestaande regeling een elegante samenvatting (codificering) van de meest relevante zaken die er al waren, toegespitst op het voldoen aan de voorwaarden uit de Kaderrichtlijn Afvalstoffen.





- met bevoegde gezagen is discussie over zaken als geleidebiljetten verstomd, het gebruik van de GN-code in plaats van de Euralcode levert nog wel eens vragen op;
- toepassing van de regeling heeft geleid tot minder papieren rompslomp.

Conclusie was dat de Regeling goed functioneert. Men is blij met het verbeterde imago dat met de einde-afval-status verkregen is. Ook is van belang dat de ontvanger van de einde-afval recyclinggranulaten geen afvalstoffenvergunning meer nodig heeft wat een belangrijk positief effect heeft op de afzetbaarheid van het recyclingproduct.

Omdat overheid en branche voor recyclinggranulaten het regelgevende kader al goed hadden ingericht bestond er reeds een goede basis voor de einde-afvalstatus. Daarbij komt dat het einde-afvalproduct in zijn toepassing erg wordt gewaardeerd en er een reguliere markt is. Deze voorwaarden zijn voor veel andere stoffen (nog) niet van toepassing, waardoor het voor die materialen veel lastiger is om een sluitende einde-afvalregeling op te stellen. De wijze waarop de Einde Afval regeling voor recyclinggranulaat tot stand is gekomen kan tot voorbeeld dienen voor andere afvalstoffen. Goed voorbeeld doet goed volgen.

5.4 Conformiteitsverklaring verplicht

In de praktijk betekent dit dat er voor gecertificeerde Nederlandse producenten niets is veranderd. Let wel: dan gaat het zowel om BRL 2506 deel 1 als deel 2! Bedrijven konden en kunnen doorgaan op dezelfde manier van produceren en borgen van kwaliteit, maar nu dan met als resultaat dat het product officieel einde-afval is. De enige extra voorwaarde is dat de producent actief verklaart te voldoen aan de eisen uit de regeling en een conformiteitsverklaring beschikbaar stelt. Dit houdt in dat niet alle recyclinggranulaat automatisch einde-afval is, maar dat alleen recyclinggranulaat dat aan de vereiste regels (technische- en milieukwaliteit, een kwaliteitszorgregeling en externe controle daarop) voldoet einde-afval is. De producent moet tevens de genoemde conformiteitsverklaring opstellen en deze aangeven op zijn transportdocumentatie.

5.5. Ervaringen met de regeling

In 2017 is een evaluatie uitgevoerd van de regeling en zijn tien willekeurige bedrijven uit de sector benaderd. Vier van deze bedrijven maakten geen gebruik van de regeling, vooral omdat in hun situatie de discussie niet speelt ofwel omdat men er sowieso van uit gaat dat recyclinggranulaat geen afvalstof is. Dit geeft overigens aan dat er veel vertrouwen in het product bestaat, maar men de laatste officiële administratieve stap om wat voor reden dan ook niet heeft genomen. Uit gesprekken met bedrijven bleek onder andere het volgende:

- men is blij met duidelijkheid over de status van recyclinggranulaat;

5.6. Reach

Reach is Europese stoffenregelgeving die geldt voor producten. Materialen die einde-afval zijn komen onder deze regeling te vallen. Reach houdt een registratieplicht in voor de in de producten aanwezige stoffen, gecombineerd met een verplichting om over de gevaren van deze stoffen te communiceren. Gezien de herkomst en diversiteit van recyclinggranulaten zou deze plicht een zeer grote administratieve last betekenen die niet zou opwegen tegen het bereiken van de einde-afvalstatus. Het Europese Agentschap dat over Reach gaat (ECHA) heeft in overleg met de Internationale Recyclingfederatie (FIR) en waar BRBS Recycling ook lid van is, vastgesteld dat recyclinggranulaat een "article" is. Voor dit soort producten geldt geen registratieplicht. Deze uitzondering is vastgelegd in een handreiking die ECHA heeft uitgegeven. Overigens gelden er nog steeds wel de eisen dat over gevaareigenschappen van de producten moet worden gecommuniceerd. Dat kan via een veiligheidsblad dat ook vanwege de Bouwproductenverordening verplicht is.



6 Regelgeving in de keten

De kwaliteit van recyclinggranulaten wordt niet alleen bepaald door recyclingbedrijven zelf. Er zijn veel schakels in de recyclingketen die hier een rol bij spelen. Op cruciale plaatsen in de keten zijn (wettelijke) regels gesteld om dit in goede banen te leiden. Regels zijn een belangrijke basis voor de circulaire economie. Er is een woud aan regels. Het is indrukwekkend om te zien hoeveel regels er van toepassing zijn in het proces van puin tot recyclinggranulaat als waardevolle grondstof. We lichten er een paar toe, met het oog op circulaire economie en recycling.

6.1 Stortverbod

Puin (steenachtig afval) brandt niet, dus zal niet afgevoerd worden naar vuilverbranders (AVI's), en het storten ervan is niet toegestaan. Zo heeft het stortverbod voor bouw- en sloopafval op een relatief makkelijke manier een hele economie op gang geholpen waar recycling de norm is, waardoor meer dan 20 miljoen ton afvalstoffen in grondstoffen worden omgezet en marktwerking er voor zorgt dat hier geen overheidsgeld aan besteed hoeft te worden.

6.2 Wet milieubeheer, Omgevingswet, Activiteitenbesluit, Besluit melden afvalstoffen

De Omgevingswet bepaalt dat afvalstoffen naar daarvoor vergunde inrichtingen moeten worden afgevoerd. Dat zorgt ervoor dat deze niet diffuus verdwijnen in het milieu. Omdat het vergunde activiteiten betreft vindt bewerking plaats in een gecontroleerde omgeving. Dit heeft voordelen voor milieuaspecten zoals geluid, stof, bodem, water en lucht. Belangrijk is ook dat deze vergunde locaties geëquipeerd zijn om de aangeboden puinstromen hoogwaardig op te werken tot grondstoffen voor de wegenbouw, betonbouw, baksteenproducten, kalkzandsteenproductie et cetera. Er is buffercapaciteit aanwezig die aanbod van puin en de afzet van de grondstofstroom logistiek regelt voor de markten van sloop, GWW- en bouwsector.

Bij de vergunde activiteit zijn eisen van toepassing die bepalen welke stoffen mogen worden geaccepteerd. Hierdoor is er sprake van een activiteit waarbij de processen zijn afgestemd op de te ontvangen stromen, die weer zijn afgestemd op de afzetkanalen. Hiermee is de cirkel rond.

6.3 LAP3, scheiden, mengen, Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS)

Het Landelijk Afvalbeheerplan (LAP3) stelt regels die in vergunningen moeten worden overgenomen. Voor veel afvalstromen zijn sectorplannen opgesteld, zo ook voor steenachtig afval. De minimum standaard is recycling. Alleen wanneer de kwaliteit toepassing niet toelaat, bijvoorbeeld door aanwezigheid van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS), is storten toegestaan.

LAP3 zal worden vervangen door het Circulair Materialen Plan (CMP). Voornemen is dat de sectorplannen zullen worden vervangen door ketenplannen. Een voorbeeld is een ketenplan beton, waarin men wil stimuleren dat vrijkomend beton en betonpuin zo hoogwaardig mogelijk wordt hergebruikt. Ook wil men bewerkstelligen dat betonmengsels en betonproducten zo worden ontworpen dat hergebruik en recycling ook in de toekomst (meermaals) mogelijk blijft. Dit is nog een grote uitdaging.

LAP3 stelt regels voor het gescheiden houden van veel afvalstromen en een verbod op mengen. Kort gezegd is mengen alleen toegestaan indien het een functioneel doel dient en dit in de vergunning is toegestaan.

Voor ZZS geldt een minimalisatiebeleid, maar een goed instrumentarium is hier nog niet voor ontwikkeld. Door pas aan het eind van de kringloop de minimalisatieplicht



toe te passen voor deze grote groep van stoffen komt er veel druk op de circulariteit te liggen. Van veel stoffen is nog onvoldoende bekend waar deze allemaal in zitten. Om deze vervolgens met voldoende betrouwbaarheid en continu te kunnen detecteren zal nog een zware opgave zijn. Herkenbaarheid is een vereiste. Voor sommige stromen zal blijken dat recycling simpelweg niet meer mogelijk is waarbij de kans bestaat dat ook hierop gelijkende maar wel recyclebare stromen overeenkomstig behandeld zullen (moeten) gaan worden. Een voorbeeld zijn asbestgelijkende golfplaten, die geweerd worden omdat na recycling telkens weer bewezen zal moeten worden dat zij niet asbesthoudend zijn.

6.4 Europese regelgeving

Europese regelgeving wordt steeds belangrijker. Sommige Europese regels zijn rechtstreeks werkend. Hier zitten belangrijke voordelen in, maar ook potentiële problemen. Zo is Nederland, samen met enkele andere landen gidsland op gebied van recycling, zeker ten aanzien van recycling van steenachtig afval. Wil Nederland haar circulaire doelen behalen, dan zal zij in Europese verband moeten zorgen dat zij geen last krijgt van de spreekwoordelijke 'wet van de remmende voorsprong'.

Kaderrichtlijn afvalstoffen (KRA)

De KRA gaat onder andere over de criteria die worden gesteld aan de einde-afval status. Ook wordt de afvalhierarchy aangegeven en daarmee de status van recycling. Recycling staat daarin boven verbranden en storten. In dat kader is het van belang dat backfilling (het gebruik van onbewerkt puin in opvullingen) als storten wordt aangemerkt en niet als recycling zoals dat nu sommige Europese landen stand der techniek is.

EVOA

In de EVOA (Europese Verordening Overbrenging Afvalstoffen) staan de im- en exportregels voor afval. Hierbij geldt dat voor gemengde of gevaarlijke afvalstoffen kennisgevingen verplicht zijn op basis waarvan de overbrenging wordt gelegitimeerd of anders verboden. Onrechtmatige overbrenging heeft het risico dat betreffende afvalstof weer moet worden teruggehaald. De EVOA houdt nog maar beperkt rekening met de hoogwaardigheid van afvalverwerking. Naar landen waar hoogwaardige verwerking mogelijk is, zou export gemakkelijker moeten zijn dan wanneer men wil exporteren om kosten te drukken (ontduiken) van landen met laagwaardige verwerkingsmogelijkheden. Hierdoor is het soms moeilijk om nationale, hoogwaardige opwerkingstechnieken haalbaar te maken. Mooi voorbeeld in deze is de in oktober 2021 in Nederland in werking getreden regeling voor teerhoudend asfalt, waarmee hoogwaardige recycling van TAG met vernietiging van de ZZS teer wordt afgedwongen.

REACH

REACH is een Europese verordening die gaat over de productie van en handel in chemische stoffen. Het beschrijft waar bedrijven en overheden zich aan moeten houden. REACH staat voor: Registratie, Evaluatie, Autorisatie en beperking van Chemische stoffen. Omdat recyclinggranulaten zijn gekwalificeerd als "articles", zijn deze uitgezonderd van de registratieplicht. Deze uitzondering is in een handleiding van het ECHA vastgelegd en belangrijk omdat de variatie in herkomst van grondstoffen voor recycling het onmogelijk maakt om te voldoen aan deze plicht.

6.5 Bouwproductenverordening (CPR)

Al sinds 2004 dienen de meeste typen recyclinggranulaat (de typen waarvoor een geharmoniseerde productnorm bestaat) te zijn voorzien van een CE markering. Deze markering heeft tot doel de vrije handel van producten binnen de Europese Unie te bevorderen door de technische handelsbelemmeringen weg te halen. Sinds juli 2013 is voor de producten die onder een geharmoniseerde norm vallen een productprestatieverklaring verplicht. Het toezicht hierop ligt bij de ILT.

Voor korrelvormige materialen zijn, afhankelijk van het toepassingsgebied, de in tabel 4 genoemde Europese normen relevant. De verplichting voor CE-markering voor korrelvormige materialen geldt voor producten die worden geproduceerd en geleverd conform de met H (staat voor geharmoniseerd) gemerkte normen. Twee normen zijn niet geharmoniseerd (-) wat betekent dat betreffende producten niet voorzien mogen worden van een CE-markering.

Tabel 4. Europese productnormen voor korrelvormige materialen

NEN-EN 12620	H	toeslagmateriaal voor beton
NEN-EN 13043	H	toeslagmaterialen voor asfalt en oppervlakbehandeling voor wegen, vliegvelden en andere verkeersgebieden
NEN-EN 13055	H	lichte toeslagmaterialen
NEN-EN 13139	H	toeslagmaterialen voor mortel
NEN-EN 13383-1	H	waterbouwsteen
NEN-EN 13242	H	toeslagmaterialen voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen voor civieltechnische- en wegebouw
NEN-EN 13450	H	toeslagmaterialen voor spoorwegballast
NEN-EN 13285	-	ungebonden mengsels
NEN-EN 14227-2	-	met slak gebonden mengsels



Omdat er overlap is in de normen voor ongebonden mengsels (EN 13285), slakgebonden mengsels (EN 14227-2) en toeslagmaterialen (EN 13242) is er veel onduidelijkheid met betrekking tot de verplichting tot CE markering. Besloten is dat producten die onder EN 13242 vallen wel CE markering moeten hebben. Voor hydraulische mengsels blijft er dan alsnog onduidelijkheid bestaan, omdat producten onder EN 13242 ook een aandeel slak mogen bevatten. Echter in EN 13242 is de voor slakgebonden kenmerkende eigenschap CBR waarde (draagvermogen) niet opgenomen. EN 13242 levert het halffabrikaat waarin de eventueel aanwezige slak niet als een actieve toeslagstof wordt beschouwd. Via EN 13242 kan de verbeterde productprestatie niet worden aangetoond. Daarom heeft het geen zin om EN 13242 voor deze slakgebonden granulaten te gebruiken.

Omdat certificering goed is ingeburgerd in Nederland en omdat de CE markering geen kwaliteitscertificaat is, is het certificaat nog steeds het enige document dat de geschiktheid aantoont van de betreffende producten in zijn toepassing. De CE markering is daarmee vooral een formele administratieve plicht.

6.6 Bouwbesluit

In het Bouwbesluit zijn de regels opgenomen voor sloopactiviteiten. Dit begint bij regels voor asbestinventarisatie en asbestverwijdering. Bij sloop moet een asbestverklaring aanwezig zijn. In principe moet asbest daarom in de rest van de recyclingketen geen probleem meer zijn. Desondanks vindt er bij de recycling als verificatie nog controle op asbest plaats, die als laatste check goed blijkt te werken en waarmee recyclinggranulaat wordt verkregen dat ruim onder de toegestane norm voor asbest blijft.

Bronscheiding

Het Bouwbesluit bevat een lijst met afvalstromen die bij sloop apart moeten worden gehouden en gescheiden moet blijven. Gevaarlijk afval (asbest, teer, kwik, radioactieve stoffen en meer) moet direct worden verwijderd. Het steenachtig afval, naast een aantal andere stromen, moet tevens apart worden gehouden. Dat is iets wat door marktwerking mede wordt ondersteund. Het afval gaat naar de verwerking met het laagste tarief wat voor het steenachtig afval brekerbedrijven zijn. Het is economisch niet interessant puin te vermengen met andere bouw- en sloopafvalstromen aangezien verwerking daarvan aanzienlijk hogere tarieven heeft.

Asbestinventarisatie

Op grond van het Asbestverwijderingsbesluit is het verplicht om voorafgaand aan het bedrijfsmatig slopen van gebouwen en objecten deze te inventariseren op de aanwezigheid van asbest. Een inventarisatierapport moet dan beschikbaar zijn. Na de verwijdering dient er een vrijgavemeting te zijn uitgevoerd, waarvan eveneens een rapportage beschikbaar moet zijn.

Het Bouwbesluit vereist een sloopmelding, voorafgaand aan het slopen voor het slopen van bouwwerken waar meer dan 10 m³ sloopafval vrijkomt en voor het slopen van asbest. Deze melding moet uiterlijk 4 weken voorafgaand aan de sloop plaatsvinden. Twee dagen voorafgaand aan de aanvang van de werkzaamheden moet de gemeente in kennis worden gesteld. Slechts in enkele gevallen is een sloopvergunning nodig.

De eventuele inzet van een mobiele puinbreker moet al in de sloopmelding zijn aangegeven. Verder moet reeds een globale inventarisatie en opgave van de afvoerbestemming van het vrijkomende sloopmateriaal worden gegeven.

Daarbij moet worden aangegeven wat de hoeveelheid te breken steenachtig afval is en het adres van de nieuwe eigenaar van het granulaat. Indien uit de sloopmelding blijkt dat het vrijkomende puin ter plaatse met een mobiele breker zal worden gebroken, dan kan het gebroken puin ter plaatse worden toegepast of wordt het gebroken puin afgevoerd naar een andere locatie. De sloopmelding geeft al aan welke hoeveelheden dit betreft. Zonder (goede of volledige) sloopmelding kan bestuursdwang worden toegepast of kan het werk worden stilgelegd.

In het Bouwbesluit zijn regels opgenomen inzake het gescheiden houden van de vrijkomende afvalstromen: bouw- en sloopwerkzaamheden moeten zodanig worden uitgevoerd dat tijdens de uitvoering vrijkomend bouw- en sloopafval deugdelijk wordt gescheiden. Als van een bepaalde fractie meer dan 1 m³ vrijkomt moet deze gescheiden worden. Hierbij gaat het om ten minste de volgende fracties:

- als gevaarlijk aangeduide afvalstoffen als bedoeld in hoofdstuk 17 van de afvalstoffenlijst bedoeld in de Regeling Europese afvalstoffenlijst, voor zover deze stoffen niet in de onderdelen b tot en met j van dit lid zijn opgenomen; ik neem aan ook < 1 m³
- teerhoudende dakbedekking, al dan niet met dakbeschot; ik neem aan ook < 1 m³
- teerhoudend asfalt; ik neem aan ook < 1 m³
- bitumineuze dakbedekking, al dan niet met dakbeschot
- niet-teerhoudend asfalt;
- vlakglas, al dan niet met kozijn;
- gipsblokken en gipsplaatmateriaal;
- dakgrind;
- armaturen;
- gasontladingslampen

De genoemde fracties moeten op het bouw- of sloopterrein gescheiden worden gehouden en gescheiden afgevoerd, maar fracties mogen ook op een andere locatie worden gescheiden als naar oordeel van het bevoegd gezag de scheiding van de fracties op locatie redelijkerwijs niet mogelijk is.





De uiteindelijke sloop dient zorgvuldig te worden uitgevoerd met het oog op een optimaal hergebruik van de vrijkomende deelstromen. Onzorgvuldig slopen kan leiden tot vervuiling van onder meer het puin. Daardoor kan het recyclinggranulaat na het breken mogelijk niet voldoen aan de eisen van het Besluit bodemkwaliteit. Verontreinigingen die de kwaliteit van het granulaat nadelig kunnen beïnvloeden, zoals gips, of met olie of roet vervuild puin, moeten daarom separaat worden afgevoerd.

6.7 Besluit mobiel breken

Mobiel breken wordt gezien als uitzondering op de vergunningvereisten. Dat is geregeld in het Besluit mobiel breken en in de toekomst in het Besluit Leefomgeving Bouwwerken (Ow).

Melden

Het voornemen tot mobiel breken dient ten minste 15 werkdagen van tevoren schriftelijk te worden gemeld. Uit deze kennisgeving moet niet alleen blijken wie als rechtspersoon de mobiele installatie exploiteert, maar ook de juiste aanduiding van de locatie waar gebroken zal worden met de exacte positie van de mobiele breker, de hoeveelheid en aard van het te breken bouw- en sloopafval, alsmede de datum van aanvang en duur van de breekperiode. Vereist is tevens een beschrijving van de installatie en de bronsterkte wat betreft de geluidsbelasting. Dit geldt zowel voor de breekinstallatie, shovel, kraan, transportbanden, zeefinstallatie, aggregaten, alsmede voor de aan- en afrijdende vrachtwagens. Van de kennisgeving tot mobiel breken moet de gemeente melding maken in één of meer dag-, nieuws-, of huis aan huis bladen.

De feitelijke start van de werkzaamheden moet tenminste twee werkdagen van te voren mondeling of schriftelijk aan de gemeente zijn doorgegeven (niet te verwarren met de kennisgeving/-melding).

Geluid

Voor het juist beoordelen van de geluidsbelasting is bij de melding een situatietekening wenselijk met daarop aangegeven de locatie van de breker en nabijgelegen woningen. Handhaving van de geluidsvoorschriften kan alleen plaatsvinden door metingen ter plaatse van de gevel van belendende percelen. De minimale afstanden zijn mede afhankelijk van de tijdsduur van de inzet (zie tabel 5).

Bevindt zich in de directe omgeving een school, verpleeg- of ziekenhuis dan mag de maximale geluidsbelasting, ongeacht de duur van de inzet van een mobiele breker, niet meer dan 60 dB(A) bedragen. Bovendien is mobiel breken uitsluitend toegestaan op werkdagen tussen 07.00 en 19.00 uur. Op zaterdagen, zon- en feestdagen mag er dus niet mobiel worden gebroken.

Tabel 5. Geluidsvoorschriften mobiel breken

Bronsterkte in dB(A)	Minimale afstand in meters tot de gevel van de dichtstbijzijnde woning of geluidsgevoelige bestemming bij een geluidsbelasting (LA,r,t)		
	Meer dan 15 werkdagen	Max. 15 werkdagen	Max. 5 werkdagen
	65 dB(A)	70 dB(A)	75 dB(A)
112	80	45	25
115	110	65	35
118	160	90	50
121	220	125	70
124	320	175	100

Betreft indicatie van minimale afstanden op basis van de Handleiding meten en rekenen Industrielawaai (1999).



Maximum periode

Maximaal mag drie maanden achtereen op een locatie worden gebroken. Langer mag niet. Dit mag ook niet als het werk tijdelijk wordt onderbroken. Een uitspraak van Gemeente Haarlemmermeer is daar duidelijk in (verslag hoorzitting Gemeente Haarlemmermeer, kenmerk 2544023, 26 maart 2016). Belangrijk is dat het Besluit mobiel breken vermeldt dat het bewerken van bouwen sloopafval met een mobiele breker geschiedt in de directe nabijheid van de plaats waar het afval vrijkomt, gedurende een aaneengesloten periode van maximaal 3 maanden.

Aanvoerverbod

Vanuit het besluit geldt een aanvoerverbod van puin van elders naar de slooplocatie. Dit geldt ook voor naast of nabijgelegen percelen!

De sloopmelding, de visuele kwaliteit van het puin en het aantal draaiuren van de mobiele breker kunnen, in combinatie met de hoeveelheden, een indicatie geven van eventuele aanvoer.

Wegen

Het besluit verplicht de exploitant van de mobiele puinbreker het gebroken puin te wegen en hiervan een administratie bij te houden. Ook vanuit deze administratie, die ter plekke aanwezig moet zijn, is na te gaan of er geen aanvoer heeft plaatsgevonden. Deze hoeveelheid moet in verhouding staan met de in de kennisgeving en of sloopmelding genoemde hoeveelheden. Ter indicatie: uit een normale eengezinswoning is ongeveer 50 ton puin te verwachten.

De breker moet de weeggegevens van de gebroken en afgevoerde hoeveelheden kunnen overleggen en aantonen dat de bandwegers periodiek (autonoom-automatisch) zijn gekalibreerd. Controle hierop valt onder het certificaat BRL 2506.

Opslag

De opslag van bouw- en sloopafval en puingranulaat mag alleen plaatsvinden op een vlakke en harde bodem. Dit voorkomt dat het tijdelijk opgeslagen puin en/of granulaat zich met de onderliggende bodem vermengt.

Het besluit schrijft voor dat binnen vijf werkdagen na beëindiging van het mobiel breken 'alle sporen van het mobiel puinbreken en bijbehorende opslagfaciliteiten' zijn verwijderd. Het besluit laat dus geen ruimte voor langdurige opslag van het gebroken granulaat, ook als aantoonbaar is dat dit binnen afzienbare tijd ter plaatse zal worden toegepast. Vooraf zal daarom al duidelijk moeten zijn waar het granulaat zal worden afgezet.

Uitvoering van een partijkeuring conform het Besluit bodemkwaliteit in principe niet mogelijk omdat immers

de noodzakelijke uitloogonderzoeken minimaal 30 dagen duren.

Nadat is vastgesteld dat het recyclinggranulaat einde-afval is, kan het worden beschouwd als bouwstof en gelden weer andere regels voor opslag en bewaartermijnen.

Gevaarlijk afval

Het mobiel breken van gevaarlijke afvalstoffen, waar onder teerhoudend asfalt, is verboden. Deze moeten worden afgevoerd naar een vergunde inrichting.

Mobiel of stationair breken?

De afweging of ter plaatse een mobiele puinbreker wordt ingezet, is een keuze van de opdrachtgever of de sloopaannemer. Bij de afweging van het wel of niet mobiel breken is de vrijkomende hoeveelheid en soort van puin van belang. Zo kan bij sloopobjecten, waarbij veel metselwerkpuin en een geringe hoeveelheid betonpuin vrijkomt, ter plaatse geen menggranulaat worden geproduceerd. (Het gehalte beton in menggranulaat dient minimaal 45% te bedragen.)

Daarnaast is het bij kleine hoeveelheden vaak niet lonend om mobiel te breken. Let wel, aanvoer van puin van elders (van buiten de locatie) is verboden. Dit geldt uiteraard ook voor de opdrachtgever die ongebroken puin afkomstig van meerdere locaties buiten een vergunde inrichting zou willen opbulken in afwachting van mobiel breken.

Omdat mobiel breken een tijdelijke activiteit is, heeft de wetgever lichtere voorwaarden voor milieuaspecten en procesvoering geformuleerd. De keuze tussen mobiel of stationair breken is een afweging tussen voor- en nadelen. Voordeel van mobiel breken is met name beperking van transport. Bij aanvoer van de mobiele breker en toebehoren is zwaar transport benodigd en daarom is de optelsom van transporten van puin, recyclinggranulaten en materieel noodzakelijk om een goed beeld te krijgen van de werkelijke duurzaamheidswinst ten opzichte van stationair breken. Dat leidt ertoe dat het verkregen recyclinggranulaat bij mobiel breken bij voorkeur ter plaatse wordt toegepast. Bij deze afweging zou ook de hoogwaardigheid van opwerken een rol moeten spelen, maar daar is vooralsnog geen goed instrumentarium voor beschikbaar



6.8 Besluit bodemkwaliteit

Het Besluit bodemkwaliteit stelt regels voor toepassing van bouwstoffen, baggerspecie en grond op of in de bodem en in oppervlaktewater. Belangrijkste doel is de bodembescherming. Daarnaast heeft het Besluit bodemkwaliteit tot doel hergebruik te bevorderen. Dat doet het door gelijke eisen te stellen aan secundaire en primaire grondstoffen en door een goed doordacht (statistisch onderbouwd) systeem van keuringen en beproevingen. Dit is een goed werkend systeem gebleken. Een onderschat risico is dat dit systeem wordt ingehaald door Europese regelgeving voor bouwstoffen (de Bouwproductenverordening), waarbij de voordelen voor hergebruik verloren kunnen gaan.

In het Besluit mobiel breken zijn geen kwaliteitseisen voor het puingranulaat opgenomen. Ook hier is het Besluit bodemkwaliteit het wettelijk kader en de gemeente bevoegd gezag.

Er zijn verschillende erkende bewijsmiddelen om aan te tonen dat aan het Besluit bodemkwaliteit is voldaan. Voor recyclinggranulaten zijn het certificaat (kwaliteitsverklaring) en de partijkeuring het meest voorkomend (de fabrikant-eigen verklaring wordt niet als realistisch gezien). Indien er geen certificaat conform de BRL 2506 door de puinbreker wordt afgegeven, dient, voor toepassing van het granulaat, een partijkeuring conform het Besluit bodemkwaliteit te worden uitgevoerd. Dit is een verantwoordelijkheid van de eigenaar van de partij en dat is niet altijd de puinbreker. Feitelijk is het uitvoeren van (partij)-keuringen op de mobiele breeklocatie niet mogelijk, zie paragraaf 6.7.

De certificatie-eisen van puingranulaat conform het Besluit bodemkwaliteit zijn vastgelegd in BRL 2506-2. Het NL-Bsb certificaat (erkende kwaliteitsverklaring) in combinatie met de weegbon(nen) toont aan dat de puingranulaten voldoen aan het Besluit bodemkwaliteit. Op de weegbon moet een verwijzing naar het certificaat zijn opgenomen. Feitelijk zijn weegbonnen van meer belang dan het certificaat zelf, omdat hiermee ook de werkelijk geleverde hoeveelheden kunnen worden gecontroleerd en dus ook kan worden nagegaan of er recyclinggranulaat is bijgevoegd dat mogelijk niet over de vereiste bewijsmiddelen beschikt.

Bij twijfel aan de kwaliteit van het product kan een klacht worden ingediend bij de certificatie-instelling van de betreffende puinbreker.

Het Besluit bodemkwaliteit eist dat bouwstoffen nuttig worden toegepast, wat inhoudt dat overmatige laagdikten of gebruik van afvalstromen in producten waarin deze geen verdere functie hebben (wegmengen) niet is toegestaan. Een ander belangrijk aspect is dat bouwstoffen terugneembaar in het werk moeten worden aangebracht



zodat deze na gebruik weer weggehaald kunnen worden. Dit is een belangrijk onderscheid met grond, die wordt verondersteld blijvend te zijn aangebracht. In de praktijk is terugneembaarheid soms moeilijk te realiseren omdat fijne fracties gemakkelijk als grond kunnen worden gezien. Oplossingen als geotextiel zijn niet logisch in verband met veroudering en het afvalprobleem daar weer van (verspreiding van microplastics). Soms wordt een herkenbare minerale tussenlaag aangebracht, maar meestal volstaat het dat de funderingslaag voldoende herkenbaar is ten opzichte van de andere lagen in de constructie.

6.9 Hoogwaardige recycling

Opvallend is dat er maar weinig regelgeving is die hoogwaardige recycling stimuleert. De markt regeert. De uitdaging is dan ook: willen we naar een hoogwaardiger recycling dan moeten deze initiatieven worden beloond. Continuïteit in aanvoer en afzet is nodig voor ondernemerszekerheid om te kunnen investeren. Hopelijk gaat de opvolger van LAP3, het CMP, dit bevorderen. De sector zelf zoekt eveneens naar mogelijkheden om de kwaliteit te bevorderen, maar wordt soms gehinderd doordat er vaak voor de laagste prijs wordt aanbesteed. Dat maakt investeren in hoogwaardige recycling minder aantrekkelijk.

6.10 Toezicht en handhaving

Het is belangrijk dat er op naleving van wet- en regelgeving wordt toegezien. Spreekwoordelijk stroomt afval naar het laagste putje en dat is niet wenselijk. De inzet van Omgevingsdiensten en toezicht is noodzakelijk om een gelijk speelveld te bevorderen en de circulaire economie te steunen. Handhaving kan zowel bestuursrechtelijk als strafrechtelijk plaatsvinden. Met name gemeenten zijn verantwoordelijk voor de handhaving van asbest- en sloopregelgeving, het Besluit bodemkwaliteit, Bouwbe-





sluit, op- en overslag, de oplevering van de slooplocatie en het Besluit mobiel breken bouw- en sloopafval. Kennis van alle risico's van de schakels in de keten is voor een goede handhaving van essentieel belang.

Soms is een gemeente als bevoegd gezag tevens belanghebbende is bij de uitbesteding van werken, wat de onafhankelijkheid niet bevordert.

6.11 Slot

De recyclingsector is zoals gezegd gebonden aan een groot aantal wetten en regels. Naast de besproken regelingen en wetten zijn er nog vele wetten en regels waar in de verdere bedrijfsvoering nog aan moet worden voldaan. Denk aan arboregelgeving, milieujaarverslagen, maar ook (milieu)belastingregels en vele andere regels.

Er wordt veel gemopperd op wet- en regelgeving en het is voor bedrijven niet altijd even gemakkelijk om aan alle regels te voldoen. Toch blijkt recycling ook wel weer afhankelijk te zijn van (goede) wet- en regelgeving, waarmee deze laatste schakel in de keten van de circulaire economie efficiënt wordt gestimuleerd en voorziet in belangrijke grondstoffenstromen. Goede regelgeving en de daarbij horende handhaving zijn dan ook hard nodig voor het bereiken van een circulaire economie!



7 Recyclinggranulaat in beton

Beton wordt in Nederland al decennialang gerecycled, ook als toeslagmateriaal voor nieuw beton. Aanvankelijk was het recyclen een oplossing voor het betonafval dat niet naar de stort toe kon, maar tegenwoordig een 'must' in het kader van de transitie naar een circulaire economie. De recyclingsector hecht aan een goede en gewaarborgde kwaliteit.

Voordat recyclinggrondstoffen worden toegepast in producten wordt de kwaliteit vaak vergeleken met die van primaire materialen, waarmee de betonproductiebedrijven al jarenlang ervaring hebben. Secundaire toeslagstoffen hebben echter andere en soms ook specifiek positieve eigenschappen ten opzichte van primaire toeslagstoffen waarmee de betonindustrie moet leren omgaan. De asfaltindustrie is hier in het verleden anders mee omgegaan: zij heeft veel meer gekeken naar de kansen van de recyclinggrondstof en daar het proces op aangepast. Dit heeft geleid tot relatief veel toepassing van recyclingasfalt in nieuw asfalt.

De recyclingsector is in staat met kennis van zaken een consistente kwaliteit betongranulaat te leveren, die bewezen in diverse betonproducten kunnen worden toegepast.

Nu onder invloed van het Grondstoffenakkoord en de Transitie naar een Circulaire Economie de vraag naar hoge percentages betongranulaat in beton toeneemt en goed primair materiaal schaarser wordt, speelt het verkrijgen van voldoende volume beton- en ook menggranulaat van goede kwaliteit een steeds grotere rol.



Al in de jaren tachtig van de vorige eeuw verschenen de eerste CUR-aanbevelingen over het gebruik van recyclinggranulaten (met name beton- en menggranulaat). Op basis van de gedefinieerde kwaliteit van het recyclinggranulaat was zonder verdere aanpassing van constructieve rekenregels al 20% van het primaire toeslagmateriaal te vervangen. Bij hogere percentages (tot 100% vervanging mogelijk!) moet in de constructieve berekeningen rekening worden gehouden met afwijkende betoneigenschappen (elasticiteitsmodulus, krimp en kruip). Vandaag de dag is dat nog steeds zo en is afhankelijk van het toepassingsgebied van het beton (milieuklasse) 30% tot 50% vervanging met betongranulaat zondermeer mogelijk (EN 206 / NEN 8005).

7.1 Eisen

Naast bovengenoemde normen stelt de in samenwerking met de betonsector opgestelde beoordelingsrichtlijn BRL 2506 deel 1 de nodige eisen aan in beton toegepaste recyclinggranulaten als toeslagmateriaal. Daarin zijn zowel jarenlange ervaring als de eisen uit de CUR Aanbevelingen en NEN- en EN-normen opgenomen. De BRL 2506-1 bevat niet alleen eisen voor certificatie van meng-, betongranulaat en recyclinggrind voor toepassing in beton, het kent ook een intensief statistisch onderbouwd keuringsregime en externe onaangekondigde audits. Het KOMO-productcertificaat op basis van de BRL 2506 borgt de geschiktheid van het materiaal voor de beoogde toepassing en staat garant voor de kwaliteit. Dit in tegenstelling tot CE-markering dat uitsluitend de door de producent gekozen eigenschappen van zijn product weergeeft.

Hoogwaardige toepassingen

Met het eisenpakket uit voornoemde normen en certificering zijn met recyclinggranulaten de meeste betonsoorten verantwoord te produceren. Het diverse productenpalet van de betonindustrie kent ook toepassingen die extra aandacht vergen als de keus op recyclinggranulaat valt. Denk hierbij aan (zeer-)hogesterktebeton, zelfverdichtend beton, monolietvloeren en zichttoepassingen. Dit betreft maar een klein deel van de totale betonproductie.

Europese regels maken het onduidelijk

Volgens de Europese Bouwproductenverordening (CPR) zijn nationale keurmerken niet toegestaan om aan te tonen dat aan deze verordening is voldaan. Voor enkele eigenschappen kent de Europese norm geen kwaliteitsniveaus, maar moet de betreffende waarde alleen worden vermeld (gedeclareerd). Die restrictie brengt met zich mee dat de BRL 2506 met de nodige terughoudendheid deze te declareren eigenschappen benoemt. Het enkel verklaren van de waarde zonder de geschiktheid van het product aan te tonen, zou volgens de CPR te veel lijken op een prestatieverklaring, wat als overtreding wordt geïnterpreteerd. Voorbeelden hiervan zijn hierna toegelicht.

- **Dichtheid:** Voor dichtheid is dit opgelost door een concrete eis in de BRL 2506 op te nemen. Voor waterabsorptie (de mate waarin korrels vocht opnemen) was dit evenwel niet mogelijk. Gekozen is die toch al verplicht op de CE markering te vermelden en voor een betontechnoloog relevante informatie, niet in BRL 2506 op te nemen en zo te voldoen aan de Europese wetgeving.
- **ASR:** Onder bepaalde omstandigheden vormt een alkali-silicareactie (ASR) of alkali-toeslagmateriaalreactie een risico. De BRL 2506 gaat ervan uit dat de betontechnoloog dat risico onderkent. Doet dat risico zich voor, dan is het zaak de reactiviteit van de toeslagmaterialen te beoordelen, dan wel voor een andere toeslagstof of bindmiddel te kiezen. Daarom maakt ASR ook geen deel uit van het eisenpakket van de BRL 2506. Wel geeft het certificaat aan dat het recyclinggranulaat als ASR-verdacht wordt beschouwd. Zowel op Europees als op nationaal niveau wordt gewerkt aan een eenvoudige test om via een toets op reactiviteit een betere praktische invulling mogelijk te maken.
- **Vorst-dooi:** Al dan niet in combinatie met dooizouten en afhankelijk van de kwaliteit van het betonoppervlak, kunnen vorst-dooiwisselingen schades veroorzaken. Onderzoek wijst uit dat recyclinggranulaten een positieve invloed hebben op vorst-dooigedrag. De porositeit van de toeslagmaterialen vangt namelijk de expansie van bevriezend water en dooiend ijs op. Daar NEN 5905 geen onderzoek naar vorst-dooi voor recyclinggranulaten vermeldt, maakt dit aspect evenwel geen onderdeel van het standaard onderzoekpakket in BRL 2506-1 uit. Dat is ook mede ingegeven door het feit dat gestandaardiseerde normen voor vorst-dooionderzoek gebaseerd zijn op strenger klimaat dan Nederland kent en daardoor geen representatief beeld geeft van dit materiaalgedrag.
- **Lichte bestanddelen en samenstelling:** De invoering van de CPR heeft geleid tot onduidelijkheid in het eisenpakket wat betreft de samenstelling en de lichte bestanddelen van het uit (niet-) steenachtige materialen geproduceerde recyclinggranulaat. In hoeverre dit de geschiktheid voor hergebruik in de wegenbouw dan wel in beton beperkt, kwam in de producteisen en testmethoden onvoldoende tot uitdrukking. Door BRBS Recycling zijn verbeteringsvoorstellen ingediend. In tussentijd is middels een toepassingsgerichte vertaling in de BRL 2506-1 dit voorlopig ondervangen. Een concept van de Europese productnormen en testmethoden ligt klaar, maar moet nog worden geaccordeerd wat niet eerder kan dan na de herziening van de CPR die anno 2023 nog loopt.



7.2 Cementgebruik

Dat recyclinggranulaat in beton zou leiden tot meer cementgebruik is een hardnekkig misverstand. Waterabsorptie van het toeslagmateriaal leidt weliswaar tot meer vocht in het mengsel, maar dat hoeft niet direct met cement te worden gecompenseerd. Dit ondanks dat de standaard betontechnologie (theorie rond de watercementfactor (wcf)) dit voorschrijft. Iedere betontechnoloog leert hoe de watercementfactor werkt, maar technologie voor gebruik van recyclinggranulaten behoort niet standaard tot het beton-opleidingspakket. Met het inzetten van superplastificeerder, waarmee de verwerkbaarheid van het mengsel valt te sturen, is geen extra cement nodig. Wel komt het geabsorbeerde vocht bij toepassing van recyclinggranulaat langzamer vrij, hetgeen een gunstige invloed heeft op de toename van de sterkte op langere termijn, waarmee het gebruik van recyclinggranulaat een pré heeft.

7.3 Fijne fractie

Fijne fracties uit recyclinggranulaten worden in beton weinig toegepast. In de praktijk blijkt de fijne fractie gemakkelijk te verkitten, waardoor opslagproblemen in silo's (brugvorming) kunnen ontstaan. Dat is met technische aanpassingen te ondervangen. Volgens CUR-Aanbeveling 106 is de fijne fractie van recyclinggranulaten prima toepasbaar in beton. Omdat fijn granulaat moeilijk afzetbaar is, drukt dit feitelijk de kansen voor de toepassing van recyclinggranulaat in beton. Daarom is inzet op het toepasbaar maken van deze fractie gewenst.

7.4 Richtlijn kwaliteit recyclinggranulaten voor beton

Gezien bovenstaande wir-war aan eisenstellende documenten, volgtijdelijkheid van herzieningen en regelingen is door BRBS Recycling in goede samenwerking met het Betonhuis (belangenvertegenwoordiger van de betonindustrie) een Richtlijn opgesteld met de kwaliteitscriteria voor recyclinggranulaat voor toepassing in beton (de "Richtlijn voor specificaties van recyclinggranulaten voor beton"). Hierin is de stand der techniek samengevat. Deze Richtlijn kent twee kwaliteiten betongranulaat (A1 en A2), een menggranulaat en een fijn granulaat voor toepassing in beton. Kwaliteit A1 betongranulaat is bedoeld voor toepassing in zichtbeton en monolietvloeren waar esthetische en (uitzonderlijke) oppervlakte-eisen nodig zijn voor het resultaat. Omdat het moeilijker is om de A1 kwaliteit te realiseren zullen daar in de praktijk naar verwachting hogere prijzen voor worden gehanteerd dan voor de standaard A2 kwaliteit die veel meer gemeengoed is en die volstaat voor meer dan 80% van alle gebruikte betonsoorten die met deze granulaten worden gemaakt. De Richtlijn is op de websites van Betonhuis en BRBS Recycling te vinden.

Het menggranulaat in deze richtlijn dient een gehalte van 70% betondelen te bevatten. Dit heeft als oorzaak dat de Europese normen het in Nederland gebruikelijk gehanteerde van 50% (tenminste 45% beton en tenminste 50% beton+natuursteen) niet kent. Dit is een tekortkoming in de Europese normen en iets dat met een toekomstige versie van deze normen zou moeten worden hersteld.

7.5 Markt en beschikbaarheid

Berekend is dat als vrijkomend beton uit sloop, bouw en (mis)productie maximaal wordt ingezet in de betonsector, er tussen de 5 en 6 Mton betongranulaten per jaar beschikbaar zijn. Uitgaande van een totale betonproductie van ruim 30 Mton en dus 12 Mton grof toeslagmateriaal is bijna 50% vervanging van primair materiaal theoretisch mogelijk. De huidige (2023) inzet van betongranulaat in beton bedraagt circa 1 Mton en de totale inzet aan secundaire grondstoffen ligt tussen 1 en 1,5 Mton als menggranulaat, ecogranulaat en ballastgrind worden meegerekend. Er zijn dus voldoende mogelijkheden om aanzienlijk meer primaire materialen te vervangen! Een belangrijke bijdrage om als betonsector aan de doelstellingen van de circulaire economie te voldoen ligt binnen handbereik.

7.6 Meer en betere recycling

De met recycling gemoeide kosten zijn concurrerend met de primaire grondstof grind. Nu de mate van beschikbaarheid van grind inboet, maakt dit recycling voor beton interessanter. Een hogere grindprijs geeft ruimte om te investeren in recyclingtechniek waardoor kwantitatief en kwalitatief de doelstellingen van circulariteit beter worden ondersteund. Een bijkomend aspect is dat het

Betonhuis **BRBS Recycling**

Informatieblad
Richtlijn voor specificaties van recyclinggranulaten voor beton

Inleiding
Het informatieblad Richtlijn voor specificaties van recyclinggranulaten voor beton bevat materiaal-specificaties voor recyclinggranulaten die kunnen worden gebruikt als toedienmateriaal in beton.

Er zijn verschillende betonkwaliteiten en er zijn verschillende kwaliteiten recyclinggranulaten. Om de juiste combinatie van kwaliteiten te kunnen maken is er behoefte ontstaan aan een richtlijn voor het gebruik van recyclinggranulaten in verschillende toepassingen. Dit overzicht van verschillende kwaliteitsklassen is bedoeld als een handvat bij gebruik van recyclinggranulaten in beton.

Dit informatieblad is samengesteld door BRBS Recycling en Betonhuis.

Doel en status
De tabellen zijn gebaseerd op de huidige normen voor beton en voor toeslagmateriaal voor beton: NEN-EN 12620, NEN 9926, NEN 6002 en EN 206-1. Deze normen bieden veel ruimte voor verschillende kwaliteiten van recyclinggranulaat. Daardoor krijgt afstemming nodig tussen leveranciers en afnemers. Deze richtlijn kan helpen bij de communicatie tussen bedrijven. Met de richtlijn kunnen bedrijven duidelijke en concrete afspraken maken over de kwaliteit van recyclinggranulaten. Het document is niet verplichtend of normstellend. Het kan in de toekomst wel worden gebruikt als basis voor nieuwe normen.

Indeling in klassen
In de tabellen is onderscheid gemaakt tussen betongranulaten Klassen A1 en A2, menggranulaat Klasse B en een Klasse voor Fijn granulaat. Dit sluit aan bij NEN 8006 (NEN-EN 206, bijlage C). De in de tabellen opgenomen waarden komen uit NEN-EN 12620. Een producent van recyclinggranulaat kan deze waarden aangeven in de prestatieverklaring (oor) die hij bij het recyclinggranulaat dient te leveren conform NEN-EN 12620.

Wij stellen hier nadrukkelijk dat dit voorbeeldwaarden zijn die bij de weergegeven kwaliteit en toepassing van beton kunnen worden gebruikt. Het zijn dus geen verplichte waarden.

Betonhuis **BRBS Recycling**



recyclingvolume eenvoudig is te verhogen, bijvoorbeeld door in slooptenders voor te schrijven dat, door selectief slopen verkregen schoon beton voor hergebruik in nieuw beton moet worden ingezet. En niet “onder de weg”. Het tekort aan grindwinning in ons land kan zo goeddeels worden gecompenseerd.

De afgelopen jaren hebben leden van BRBS Recycling vele miljoenen geïnvesteerd in capaciteit en procesverbeteringen ten behoeve van het onder het certificaat BRL 2506-1 opwerken van betongrondstoffen. Het uitsluitend volgen van EN-normen volstaat niet!

7.7. Circulariteit

Aan de betonsector worden grondstoffen aangeboden als zijnde duurzaam of circulair. Of deze allemaal werkelijk circulair zijn moet nog blijken. Marketing of een goedkoper alternatief in een ‘groen jasje’ liggen hier op de loer. Bezien vanuit de recycling zijn vele toepassingen van beton-vreemde grondstoffen in beton een bedreiging voor hergebruik. Hier is aandacht voor nodig. Vele soorten vezels, alternatieve bindmiddelen en toeslagstoffen kunnen niet meer worden teruggewonnen als deze eenmaal in beton zijn gegoten. Bij recycling zijn deze niet te scheiden. Het zal voor de recyclingindustrie niet mogelijk zijn om alle soorten beton apart te verwerken (of erger: apart te houden om te moeten storten). Uiteindelijk zal de businesscase moeten kloppen. De recyclingsector kan dit soort problemen oplossen, maar daar zit dan wel een prijskaartje aan.

Inmiddels is er een CROW Richtlijn verschenen die een circulariteitsbeoordeling geeft voor grondstoffen voor beton. Deze richtlijn is vooral materiaaltechnisch van karakter, wat de boven beschreven problemen rond een gezonde businesscase niet wegneemt. Alertheid met (nieuwe) grondstoffen is geboden. Recyclebaarheid is niet voldoende: het moet ook in de praktijk kunnen.

7.8. Innovatieve technieken

De hoge kwaliteit granulaten die de betonindustrie nodig heeft, daagt voortdurend uit om de recyclingprocessen te verbeteren. Zo worden momenteel technieken praktijkrijp gemaakt, die in staat zijn om de oorspronkelijke bestanddelen van het beton terug te winnen. Daarbij is het mogelijk om de oorspronkelijke zand- en grindkorrels schoon te maken, waarbij onder meer een zeer fijne fractie ontstaat. Aanvankelijk bestond de verwachting dat uit deze zeer fijne fractie nog cement (ongehydrateerde cementfractie) terug te winnen zou zijn. Nader onderzoek wijst echter uit dat dit materiaal niet als cement kan worden gezien, maar als vulstof. Verdere opwerking is dan nodig, maar deze vulstof kan ook als zodanig zorgen voor een lagere cementdosering en dus CO₂ winst.

Door CROW is onderzoek verricht dat heeft geleid tot CROW-CUR Aanbeveling 127. Deze geeft op basis van waterabsorptie een classificatiemethodiek voor de verkregen fracties. Hierdoor kunnen hogere gehalten



recyclinggranulaten worden toegepast dan de 50% grindvervanging waar nu veelal sprake van is.

Onderzoek naar heterogeniteit, verdere opwerking van de fijnste (vulstof)fractie en andere exploitatievoorwaarden loopt nog. De eerste ondernemers zijn hun pilotopstellingen echter al aan het opschalen naar praktijkcapaciteit.

7.9. Markt

De toepassing van recyclinggranulaten in beton heeft zeer lang op een laag peil gestaan. Kwantitatief. Onder invloed van het Betonakkoord en haar voorgangers (onder andere de Concreet 1 en Concreet 2 afspraken) en overleg met de betonsector is inmiddels sprake van toename van de interesse en daadwerkelijke toepassing van recyclinggranulaat in beton. De maatschappelijke wens om duurzamer met natuur en haar voorraden om te gaan heeft hier invloed op.

Dit geeft ook voor de recyclingsector kansen om deze markt verder te ontwikkelen. Hier is nog voldoende ruimte voor gezien het feit dat het meeste beton dat vrijkomt nog in wegfunderingen wordt toegepast. Nog steeds zijn er opdrachtgevers die zuiver betongranulaat eisen voor hun wegfundaties. Dat is onnodig en niet duurzaam. Ook kan er nog meer selectief gesloopt worden, waardoor meer zuiver beton vrijkomt dat toepasbaar is in de betonindustrie.

Om dit te stimuleren helpt het als de vraag naar recyclingbeton toeneemt. Daar kunnen opdrachtgevers veel aan doen. Dezelfde opdrachtgevers kunnen er ook voor zorgen dat bij sloop het vrijkomende beton ook daadwerkelijk naar locaties gaat waar aantoonbaar het materiaal geschikt wordt gemaakt voor beton. Dan komt de cirkel rond.

Opgemerkt wordt dat er een MIA/VAMIL regeling (een investeringsaftrek 2023) bestaat die de toepassing van recyclinggranulaat in beton stimuleert.



8 Andere toepassingen van recyclinggranulaat

De overgrote meerderheid van het recyclinggranulaat wordt als menggranulaat toegepast in funderingslagen (verhardingslagen van steenmengsel). Daarnaast wordt een gerede hoeveelheid recyclinggranulaat in beton toegepast en komt het meeste asfaltgranulaat weer terug in nieuw asfalt. Er zijn echter ook andere interessante toepassingen. Deze worden onderstaand kort doorgenomen.

8.1 Verhardingslaag of (tijdelijke) werkverhardingen

Recyclinggranulaat dat is geproduceerd voor funderingslagen kan ook dienen als bovenlaag. Door een goede korrelverdeling en vochtgehalte laat dit materiaal zich vlak afwalsen tot een stevige toplaag. Deze laag kan voor verschillende doeleinden worden gebruikt zoals parkeerterreinen, tijdelijke werkwegen en cetera.

Schoner product!

In deze hoedanigheid is het ook goed mogelijk om voetpaden of fietspaden aan te leggen. Hierbij moet rekening worden gehouden met de uiterlijke kenmerken van de laag. Conform de standaard samenstellingsnormen is een klein percentage hout, glas en andere vreemde bestanddelen toegestaan. Maar in de praktijk komen bij bovengenoemde toepassingen vragen naar boven. Door handling en verwerking komen de lichte bestanddelen gemakkelijk 'bovendrijven' en lijken deze standaard eisen voor bovengenoemde toepassingen niet toereikend. Recent wordt hier door de sector veel aandacht aan gegeven, mede door media-aandacht en daarop volgende Kamervragen. Schoner granulaat, dat uitstijgt boven de huidige normen, kan geleverd worden, maar zo lang dit nog niet in wetgeving of certificatieregelingen is verwerkt zal dit nog de nodige aandacht vragen van de betrokken partijen. De opdrachtgever kan dit echter nu al goed regelen met de leverancier.

Met betrekking tot glas is overigens nog op te merken dat het in recyclinggranulaat conform de norm het volume beperkt is. Glas valt op door het glinsterende effect. Men is dan snel bang voor lekke banden. Betreffende glas is door het productieproces van het recyclinggranulaat niet meer scherp en zal nauwelijks of geen lekke banden meer kunnen veroorzaken. Vanuit civieltechnisch oogpunt is een beperkte hoeveelheid glas geen probleem, maar dat neemt niet weg dat het bij de bron gescheiden zou moeten worden ingezameld en in de glasbak thuisheert.

8.2 Ketensluiting

Recyclinggranulaten zijn samengesteld uit de vele steensoorten die in de bouw worden gebruikt. In navolging van asfalt en beton wordt er ook in andere industrieën nagedacht over sluiting van de ketens. Er zijn succesvolle voorbeelden van:

- baksteen in baksteen;
- kalkzandsteen in kalkzandsteen;
- keramiek in keramiek;
- gips in gips;
- glas in glas.

Sommige hiervan zijn nog op laboratoriumschaal maar verschillende al operationeel op praktijkschaal. De verwachting is dat deze ontwikkeling door zal zetten. Nodig omdat als beton uit het menggranulaatmengsel wordt weggenomen, het moeilijker zal worden om van het restant nog geschikt wegfunderingsmateriaal te maken.

Wat dat betreft ligt er een uitdaging voor een aantal materiaalsoorten die moeilijker geschikt te maken zijn voor hergebruik in dezelfde materiaalketen. In dit opzicht





is beton een gemakkelijke fractie, maar zullen ook de andere fracties uit het puin moeten worden opgepakt om uiteindelijk te kunnen spreken van circulariteit van de mineralensector als geheel.

Terugwinning van grondstoffen, zonder dat de materialen noodzakelijkerwijze in dezelfde keten blijven kan ook een nuttige toevoeging zijn aan circulariteit. Enkele voorbeelden:

- teerhoudend asfalt levert na thermische behandeling granulaten op voor toepassing in asfalt, beton en ongebonden toepassingen. Jaarlijks produceert deze deelsector reeds 2,5 Mton nuttig herbruikbare bouwgrondstoffen.
- asbest kan thermisch (of chemisch) worden behandeld waarbij de schadelijke vezel volledig wordt vernietigd en er een vulstoffractie ontstaat met een potentieel bindende werking. Dit is nog geen praktijk omdat het alternatief storten goedkoper is en omdat er veel energie benodigd is voor dit proces.
- steenwol uit de tuinbouw kan worden gerecycled tot een grondstof voor de baksteenindustrie.

8.3 Cement treated base (CTB)

CTB wordt gebruikt in situaties waar een zeer zware belasting van de fundering wordt verwacht en dus een hoge stijfheid is vereist. Te denken valt aan ondergronden voor containerterminals, vliegvelden en landingsbanen. Dit funderingsmengsel bestaat vaak uit recyclinggranulaten, zand, cement en water. Meestal worden mengsels met 70% betongranulaat en 30% asfaltgranulaat gebruikt, die vervolgens met cement worden gebonden. Met dit mengsel kan een stijfheid van 10.000 MPa worden behaald. Dit is tevens geschikt voor toepassing op minder draagkrachtige bodem, zoals klei.

8.4 Schraal beton

Schraal beton is een mengsel van recyclinggranulaat en een lage dosering cement. Er kunnen hoge sterktes mee worden behaald. In het verleden is dit materiaal vaak toegepast. In het buitenland worden deze nog steeds toegepast bijvoorbeeld als onderlaag voor een betonverharding.

8.5 Waterbuffering en drainage

Recyclinggranulaat heeft van zichzelf een vrij grote holle ruimte. Dit heeft als voordeel dat dit materiaal veel vocht kan verwerken voordat dit problemen geeft met condens onder de verhardingslaag, vorst-dooi problemen of verpapping.

Waterbuffering



De waterbergende werking van het granulaat kan verder worden vergroot door de 0/4 fractie uit te zeven. De bergingscapaciteit neemt hierdoor verder toe. Dit materiaal wordt wel gebruikt om waterbuffers te creëren naast gesloten verhardingen, viaducten en in woonwijken. De natuurlijke afwatering wordt dan over langere tijd verdeeld. Wanneer de fijne fractie wordt afgezeefd is het draagvermogen van de laag niet meer vergelijkbaar met die van het normaal gegradeerde granulaat.

8.6 schanskorven

Grof recyclingmateriaal kan dienen als vulling voor schanskorven, soms alleen als kernmateriaal, soms als volledige vulling. De schanskorven worden op hun beurt weer als wanden, terreinscheiding en dergelijke ingezet.

8.7 Straatzand

De fijne fractie van recyclinggranulaat is zeer geschikt als straatzand. De scherpe korrels houden het straatwerk goed op hun plaats. Door de hydraulische werking van het materiaal ontstaat een zeer sterke onderlaag, die de levensduur van het straatwerk vergroot. Bij een te grote sterkte van de straatlaag kunnen straatstenen gaan rammelen of kapot gereden worden. Met bijvoeging van natuurlijk zand kunnen deze problemen worden voorkomen.

8.8 Toeslagmateriaal voor paalmatrasen

Paalmatrasen zijn funderingen die vooral in veengebieden worden toegepast. Eerst worden heipalen geslagen waarop een bed wordt aangelegd met wegendoek en menggranulaat, vaak in meerdere lagen. In de praktijk is gebleken dat recyclinggranulaat een wezenlijke bijdrage levert aan de sterkte van deze constructie, waardoor met minder heipalen kan worden volstaan.



8.9 Aanvullingen en ophogingen

De materiaaleisen voor aanvullingen en ophogingen zijn minder hoog dan die voor funderingslagen. Materiaal dat geschikt is voor funderingen is derhalve uitstekend toepasbaar. Afhankelijk van de prijsverhoudingen in de bouwgrondstoffenmarkt is deze toepassing meestal minder aantrekkelijk.

Het Besluit bodemkwaliteit vereist "nuttige toepassing" van bouwstoffen. Hierdoor kan de gedachte ontstaan dat toepassing in aanvulling en ophoging niet nuttig is. Dit is niet het geval. Het heeft in de constructie toegevoegde waarde en is derhalve nuttig.

8.10 Dijkenbouw

De meeste elementen van een dijk zijn uit te voeren met recyclinggranulaten.



8.11 Oeverbescherming en waterbouwsteen

Grof recyclinggranulaat is goed toepasbaar in oeverbeschermingen en als waterbouwsteen. Er is voldoende massa nodig van de afzonderlijke elementen, waardoor men vaker natuursteen toepast. Echter niet alle oevers zijn zo veeleisend dat hiervoor moet worden gekozen. Een gradering van 40/200 wordt vaak toegepast.

8.12 Vulstoffen

De fijnste fracties uit recyclinggranulaat zijn toepasbaar als vulstof in beton of asfalt. Vulstoffen zijn zeer fijne stoffen die voor verschillende doeleinden aan mengsels worden toegepast. Dit kan zijn als verdunning en daarmee betere doseerbaarheid van het duurere bindmiddel of om poriën te vullen en de volumieke massa te vergroten.

Een stap verder is vervanging van bindmiddelen. Dit zijn innovaties die nog in onderzoek zijn, maar wel tot de mogelijkheden behoren.



9 Duurzaamheid

Als het gaat om duurzaamheid heeft recycling van oudsher een goede naam. Recycling is goed. Om daar een objectief oordeel over te kunnen geven zijn er normen ontwikkeld. De Levenscyclusanalyse (LCA, EN 15804) is het bekendst.

BRBS Recycling heeft in 2013 een levenscyclusanalyse uitgevoerd (LCA) en deze in de vorm van een MRPI (Milieu Relevante Product Informatie) aangeboden voor de Nationale Milieudatabase. In 2022 – 2023 is een project afgerond om deze cijfers te updaten en in lijn te brengen met de nieuwste normen.

9.1. Methode

De LCA is een methodiek waarbij van een reeks indicatoren de milieu-impact wordt berekend. Belangrijke indicatoren zijn bijvoorbeeld CO₂, waterverbruik, toxiciteit. Via omrekening van de kosten die opheffen van deze milieubelastingen zouden betekenen kan in één getal de milieulast worden uitgedrukt als MKI (MilieuKostenIndicator).



BEDRIJFSINFORMATIE



BRBS Recycling
Branchevereniging Breken en Sorteren
Branchevereniging Recycling Breken en Sorteren
Van Heemstraweg-West 2b
5301 PA
Zaltbommel
0418684878
Peter Broere
www.brbs.nl



PRODUCT
Menggranulaat

PRODUCT EENHEID/FUNCT. EENHEID
1 ton

BESCHRIJVING PRODUCT
Toepassing als wegfunderingsmateriaal

AFBEELDING



MEER INFORMATIE
www.brbs.nl

MRPI® REGISTRATIE
1.1.00404 2023

DATUM UITGIFTE
03-02-2023

VERVALDATUM
03-02-2028

TOEPASSINGSGEBIED CERTIFICAAT
Dit MRPI®-EPD certificaat is getoetst door **Niels Jonkers, PLUK sustainability**. De LCA studie is gedaan door **Igor Konovalov, SGS INTRON**. Het certificaat is gebaseerd op een LCA-dossier volgens ISO14025 en EN15804+A2/Bepalingsmethode. Het is getoetst aan de hand van het MRPI®-EPD verification protocol November 2020.v4.0'. EPD's van bouwproducten zijn niet vergelijkbaar als ze niet voldoen aan EN15804+A2/Bepalingsmethode. Stoffen die voorkomen op de kandidatenlijst van SVHC's van het ECHA worden in dit certificaat gedeclareerd als ze de limiet voor registratie van die stof overschrijden.

UITGEVER CERTIFICAAT
Stichting MRPI®
Kingsfordweg 151
1043GR
Amsterdam


ir. J-P den Hollander, Managing director MRPI®

BEWIJS VAN TOETSING

CEN norm EN15804 is de PCR[a]

Onafhankelijke toetsing van certificaat en dossier, volgens EN ISO 14025:2010:

intern:	extern: X
Onafhankelijke toetsier:	
	
Niels Jonkers, PLUK sustainability	

[a] PCR = Product Category Rules



Duidelijk is dat met deze reeks aan indicatoren niet alle aspecten rond duurzaamheid en circulariteit worden afgedekt. Binnen de nationale milieudatabase (NMD) en ook de normen zijn hier wel aanpassingen voor gedaan, maar nog steeds zitten hier haken en ogen aan.

9.2. Recyclebaarheid

Bijvoorbeeld het onderwerp 'recyclebaarheid', dat in de Bouwproductenverordening als het meest belangrijke aspect van "sustainability" van bouwproducten is benoemd. Juist dit is nauwelijks onderdeel van de LCA. Op papier kan een product duurzaam zijn, maar dan is dat nog niet circulair. Circulair is een product pas als dit na de gebruiksfase (inclusief de R-stappen Repair, Reuse, etc.) kan worden: ingezameld, gedemonteerd, gescheiden, opgewerkt, afgezet en toegepast en dat weer steeds opnieuw. Zowel technisch als voor wat betreft de (financiële) haalbaarheid. Als een van deze schakels ontbreekt is er geen sprake van circulariteit en kan er geen sprake zijn van duurzaamheid.

9.3. Granulaat onder de weg: unieke eigenschappen

Toepassing van recyclinggranulaat als funderingslaag onder de asfalt- of betonverharding wordt steeds vaker als downcycling betiteld. Dat is te begrijpen vanuit het oogpunt dat na recycling de materialen in een andere productketen komen dan de oorspronkelijke. Hier moeten echter wel kanttekeningen bij gemaakt worden.

Ten eerste zijn er in Nederland geen andere materialen beschikbaar en geschikt waarmee een dergelijke kwaliteit tegen vergelijkbare kosten van deze funderingslagen kan worden behaald. Fysisch en technisch, functioneel en wat betreft kosten is recyclinggranulaat als funderingslaag vrijwel ongeëvenaard. Ook primaire steenslag waarmee in het buitenland wordt gewerkt, presteert minder goed. Ook kwantitatief ligt er een opgave, want welke grondstof is in die hoeveelheid beschikbaar dat hiermee zo'n 20 miljoen ton funderingsmaterialen kan worden vervangen? Zie ook paragraaf 9.4. Als daarbij niet vanuit een product geredeneerd wordt (bijvoorbeeld beton moet weer beton worden), maar als vanuit grondstoffen wordt geredeneerd, komen grondstoffen soms in cycli terecht zonder waardeverlies. Grind wordt niet persé weer grind, maar kan dan van beton naar asfalt en andersom. Dan wordt de hernieuwde grondstof veel flexibeler inzetbaar en multifunctioneel. Dit geeft een andere kijk op toepassing van materialen in verschillende materiaalketens.

9.4. Welk alternatief onder de weg?

In de studie van BRBS Recycling naar actuele LCA getallen wordt aandacht besteed aan de rol van recyclinggranulaat in de wegconstructie. Uitgaande van een broeikaseffect van $6.7E-01$ kg CO₂ eq/ton (= 0,67 kg/ton = huidige MRPI-cijfer) kan de waarde van dit getal worden ingeschat in vergelijking met zandcement. (Zandcement was

in het verleden het funderingsmateriaal dat nu vrijwel volledig is vervangen door recyclinggranulaat.) Cement heeft een gemiddelde CO₂-emissie van 502 kg CO₂ eq per ton. Als alle andere factoren zoals aanbrengen, mengen, etc. worden genegeerd, zou bij een dosering van 1,3 kg per ton zand een gelijkwaardige CO₂ prestatie worden verkregen. Het behoeft geen toelichting dat dit onvoldoende is voor technische gelijkwaardigheid en bij meer cement zal het broeikas effect toenemen.

Ook voor andere vervangingsmaterialen, zoals immobilisanten zou een dergelijke rekenexercitie moeten worden gedaan om tot een bruikbare vergelijking te komen. Maar ook al zijn deze sommetjes positiever: kwantitatief zullen deze alternatieven niet de behoefte van de wegenbouw kunnen afdekken.

9.5. Geen beton onder de weg

Betongranulaat wordt nog vaak voorgeschreven als funderingslaag onder de weg. Betongranulaat kan echter beter dienen als toeslagmateriaal voor beton, waardoor de betonketen wordt gesloten. Het Grondstoffenakkoord, Betonakkoord en nationaal beleid (o.a. Transitieagenda) streven dit ook na. Het is niet langer circulair te noemen als zuiver betongranulaat als wegfunderingsmateriaal wordt voorgeschreven in bestekken. Menggranulaat is voor vrijwel alle wegconstructies een prima alternatief. Menggranulaat kan worden versterkt met staalslakken tot hydraulisch granulaat, waarmee de constructieve waarde verder wordt verbeterd.

9.6. Duurzaamheid van granulaat in beton

Uit meerdere onderzoeken blijkt dat de LCA van recyclinggranulaat in beton (meestal betongranulaat, maar ook menggranulaat, Ecogranulaat, gerecycled ballastgrind en andere materiaalsoorten) die van LCA van grind of primaire steenslag in beton elkaar qua milieu-impact niet veel ontlopen. Wordt hierbij echter opgeteld het zuinig omgaan met ruimte en niet-hernieuwbare grondstoffen (dit zijn aspecten die in de LCA niet zijn opgenomen), wordt duidelijk dat toepassing van recyclinggranulaat in zelfs duurzamer is.

Cement domineert de milieubelasting van beton in hoge mate. De verschillen tussen de overige grondstoffen (grind, zand, recyclinggranulaat) vallen daarom in het niet. De omvangrijke berekeningsmethodieken leiden daardoor bij opdrachtgevers niet vanzelfsprekend tot andere keuzes voor deze grondstoffen. Als het beleid om de toepassing van primaire grondstoffen te beperken succesvol wil zijn is dit een belangrijk aandachtspunt. Een zogenaamde circulariteitsindex zou dit probleem kunnen ondervangen, zodat opdrachtgevers in staat worden gesteld deze eis gemakkelijk in opdrachten mee te nemen.



9.7. Recyclingbeton

Er wordt nog wel eens beweerd dat er meer cement nodig is bij toepassing van recyclinggranulaten in beton. Dat levert een nadeel op voor de milieuscore. Betontechnologisch zijn echter de eigenschappen (bijvoorbeeld porositeit, consistentie) van de recyclingmaterialen goed te ondervangen, waardoor in de meeste gevallen extra cement niet nodig is. Dat is positief voor de milieuscore van het recyclingbeton. zie ook paragraaf 7.2.

De doelstellingen van het Grondstoffenakkoord en het Betonakkoord zijn helder: het gebruik van primaire grondstoffen moet omlaag. Recycling beperkt de winning van primair zand en grind en daardoor aantasting van het landschap. Uitgaande van een overschot aan granulaten wordt ook storten van steenachtig afval (grondstof) voorkomen, wat ook minder aantasting van landschap betekent. Recycling draagt bij aan zelfvoorziening van grondstoffen in de regio. Voor een vlak land als Nederland dat nauwelijks beschikt over bronnen voor grof toeslagmateriaal zou dat zwaar moeten wegen. Er is dus meer dan voldoende basis voor recycling van granulaten in beton.

9.8. Transport en afstand

Omdat recycling vaak een lokale activiteit is kan worden bespaard op transport ten opzichte van de vaak grotere afstanden waarover primaire bouwgrondstoffen getransporteerd moeten worden. Omdat productie van minerale grondstoffen vaak al een lage milieu-impact hebben, levert transport relatief gezien een grote bijdrage aan de totale milieulast van werken. Recycling is in Nederland geografisch gunstig verdeeld omdat dit nauw samenhangt met de bouw- en sloopactiviteiten en de geografische verdeling daarvan.

Omdat transport ook kosten met zich meebrengt, is er al een marktdynamiek die overmatig transport beperkt.

Voor een goede vergelijking is doorrekenen van deze milieulasten op projectniveau noodzakelijk.

Bij de uitvoering van LCA voor recyclinggranulaten moet er verplicht een forfaitaire transportafstand van 50 km worden gehanteerd. In de normale recyclingpraktijk is de transportafstand aanmerkelijk kleiner en wordt geschat op 25 km .

9.9. Duurzaam en circulair

Circulariteit is nog niet volledig geborgd in de genormaliseerde berekeningen voor duurzaamheid, terwijl dat toch een van de belangrijke doelstellingen is van het beleid van de overheid. Pas dan is een goede afweging van alle duurzaamheidsaspecten mogelijk.

De toepassing van recyclinggranulaat past goed in de circulaire economie. Het materiaal is goed regionaal beschikbaar en via certificering (BRL 2506-1) is de kwaliteit goed geborgd. Voor de wegenbouw is het moeilijk om

duurzaamheid van recyclinggranulaat als fundatiemateriaal goed te vergelijken en of er mogelijk sprake is van downcycling, omdat dit dusdanig gemeengoed is, en er (nog) geen goede alternatieven bestaan. Bij recycling van beton in beton is er vergelijking met primaire materialen mogelijk en is de conclusie dat de toepassing van recyclinggranulaat in plaats van primaire grondstoffen vergelijkbaar is, circulair en duurzamer zoals eerder onderbouwd.

Bij de afweging van de duurzaamheid (sustainability) van de toepassing van recyclinggranulaat kan, naast de genormeerde LCA berekening, zijn de volgende zaken van belang:

- gebruik van recyclinggranulaat betekent nuttig hergebruik van steenachtig bouw- en sloopafval uit de directe regio;
- storten wordt voorkomen (indien er gebrek is aan alternatieve toepassingsmogelijkheden);
- aanvoer en of winning van alternatieve of primaire grondstoffen is niet nodig;
- een onderhoudsvrije, bedrijfszekere en duurzame funderingslaag wordt gerealiseerd;
- de top laag kan substantieel dunner worden gedimensioneerd;
- bij gebruik van menggranulaat kan zuiver betongranulaat weer worden ingezet in nieuw beton;
- hoge recyclingpercentages mogelijk zijn bij de toepassing van asfaltgranulaat in warm asfalt.
- Oude funderingslagen zijn weer geschikt te maken voor nieuwe funderingslagen, met behoud van de oorspronkelijke, ook hydraulische eigenschappen.



10 Een blik vooruit

Recyclinggranulaat wordt al meer dan 50 jaar op dezelfde manier gemaakt. Bijna 100% van het steenachtig afval dat vrijkomt wordt gerecycled. De circa 20 miljoen ton puin die wordt gerecycled is nog steeds de hoeksteen van de succescijfers inzake recycling die Nederland ieder jaar realiseert.

Is er dan nog te verwachten dat er in de toekomst veel verandert? Ja dus. De regels veranderen continu, maar ook de maatschappelijke impact verandert.

In dit hoofdstuk kijken we vooruit.

10.1. Van een horizontale naar een verticale bedrijfskolom

De tendens is grondstoffen in de keten houden: oud beton in nieuw beton, oude baksteen in nieuwe baksteen enzoverder. Met name aan de circulariteit van beton wordt hard gewerkt. Rijkswaterstaat heeft aangekondigd te willen stoppen met beton onder de weg. Dit is ook de ambitie van het Betonakkoord: 100% van het vrijkomende beton terug in nieuw beton. Dat werpt nu al zijn vruchten af, maar er moet nog veel gebeuren.

Het toepassen van recyclinggranulaat onder de weg wordt als downcycling bestempeld. Als dit waardeoordeel betekent dat deze toepassing in de toekomst moet worden voorkomen: wat is dan het alternatief?

In de toekomst zullen ook de lastig te recycelen materiaalstromen als monostroom uit puin moeten worden opgepakt. Beton is het meest makkelijk te recycelen. Andere mineralen materiaalstromen zoals: baksteen, kalkzandsteen, porisosteent, cellenbeton, keramiek, gips zijn moeilijker recyclebaar. Wat houden we over als alleen beton deze aandacht krijgt? Daarom moet ook aan deze andere materiaalstromen gewerkt worden. Ook aandacht geven aan de fijne fracties is belangrijk.

De term downcycling daagt uit tot nadenken over een alternatieve wegfundering. BRBS Recycling liet onderzoek doen en stelt vast dat bij afnemend betongehalte in het menggranulaat de kwaliteit van de fundering vrijwel evenredig minder wordt. Dikkere asfaltlagen, meer cement, meer import van steenslag uit het buitenland of extreem dikke funderingslagen zijn geen duurzame oplossingen daarvoor. Maar wat dan wel? Er zijn kansrijke innovaties (zoals met industriële reststoffen), maar de benodigde alternatieve grondstoffen zijn vaak maar beperkt voorradig en er is soms wantrouwen over de kwaliteit.

10.2. Innovatie

Na jaren van verbetering van breektechnieken, die voornamelijk steeds efficiënter zijn geworden wordt nu steeds meer geïnnoveerd met het oog op terugwinning van de oorspronkelijke grondstoffen uit onder meer beton. Uit oud beton wordt met deze technieken een grove, fijne en vulstoffractie geproduceerd. Hiermee kunnen hoge percentages primair materiaal worden vervangen. Met de conventionele breektechnieken kon het oude beton al in nieuwe beton worden toegepast. De kracht van deze innovaties zal liggen in hoogwaardiger grondstoffen die de nieuwe technieken opleveren en de flexibiliteit waarmee zij inzetbaar zijn. Waardebehoud van de cementfractie vraagt nog de nodige inspanning.

Een niet echte innovatie, maar een vaak genoemde, is de wens om circulaire marktplaatsen en hubs te creëren. Locaties waar oude materialen worden verzameld, opgewerkt en beschikbaar zijn voor de GWW en de bouw. Die plaatsen zijn er echter al lang. Nieuw elan vanuit de circulaire gedachte kan echter de boost geven die zij nodig hebben voor



verdere groei. Voordeel van de bestaande hubs is dat deze zijn gesitueerd op daarvoor door maatschappij en overheid gecreëerde bedrijfsterrainen met alle benodigde kennis, voorzieningen, milieubescherpende maatregelen en vergunningen. Deze kunnen zich in de nabije toekomst verder ontwikkelen tot volledig circulaire centra. Fysieke uitbreiding is bij succes gewenst.

10.3. Mobiel breken

Mobiel breken bespaart transport en dus CO₂. Omdat materiaal niet wordt afgevoerd, maar ter plaatse wordt gebroken is er geen energieverbruik voor transport. Wel dient dan het gerecyclede product volledig ter plaatse en liefst hoogwaardig worden toegepast. Uit de praktijk blijkt dat dit echter in veel gevallen niet lukt. Ook het gebruik van groene energie door het ter plaatse gebruikte materieel van de mobiele breker kan vaak niet. Voor het opwerken van oud beton voor nieuw beton zijn aanvullende technieken nodig (o.a. wassen) om het product te reinigen, dit is op een mobiele locatie moeilijk te realiseren. Daarbij zijn van belang de logistieke randvoorwaarden, zoals buffering (hubs, zie boven) een gegarandeerde toelevering naar afnemers. Te verwachten is dat de circulaire economie meer zal vragen om productkwaliteit, continuïteit en leveringsgarantie. Grondstoffen en waardebehoud daarvan worden steeds belangrijker ten opzichte van energie en CO₂. Mobiel breken heeft zich de laatste jaren snel ontwikkeld met betrekking tot een snelle en flexibele dienst en voorziet in een behoefte, maar zal ook mee moeten gaan met bovengenoemde ontwikkelingen. De toekomst zal uitwijzen hoe dit gaat verlopen. Vraag is wel of de markt zelf in staat is om hier de juiste richting aan te geven.

10.4. Recyclebaarheid: (g)een technisch verhaal

In de toekomst zullen producten gemakkelijker moeten kunnen worden hergebruikt, gerepareerd, maar uiteindelijk moeten de grondstoffen waaruit ze bestaan altijd (kunnen) worden gerecycled. Recyclebaarheid is daarmee altijd noodzakelijk. Gelukkig is daar veel aandacht voor. Technisch en theoretisch kan een product recyclebaar zijn, maar het dient in de praktijk gerealiseerd te kunnen worden c.q. het moet economisch uitkunnen. Dat betekent naast technische eisen (demontabel, verwerkbaar, kwaliteitsbehoud) ook economische haalbaarheid. Hierbij gaat het om het samenspel van inzameling, logistiek en bereikbaarheid, schaalgrootte, arbo, afzet, imago en alle diverse andere zaken die een succes maken van gerecyclede grondstoffen. Zonder invulling van deze zaken zal recycling niet van de grond kunnen komen, ook al zijn de producten in theorie recyclebaar. Notie is dat fouten die we op dit vlak momenteel maken, in de toekomst verlies betekenen.

Er zijn voldoende voorbeelden van veelbelovende recycling te noemen met veel potentie, waarvan de business-

case maar niet van de grond komt zoals: asbestrecycling, EPS (piepschuimrecycling), PMC (met asbest of chroom6 verontreinigd staal). Deze hebben behoefte aan een zekere ondersteuning om permanente vaste plaats te vinden in de betreffende grondstoffenketens en niet na de pilotfase ten onder te gaan. Zo blijkt de stap naar hoogwaardiger recyclen moeilijk te maken.

10.5. Hoogwaardigheid – eis recycled content!

Als aan het begin van de keten vraag naar gerecycled product wordt gecreëerd, dan is de ervaring dat de keten zich daarop gaat richten. Voorbeeld is dat bij de toegenomen behoefte aan zuiver beton uit sloop zichtbaar werd dat ook prijs die hiervoor betaald werd omhoog ging, waarmee de business case een feit werd. Door vraag naar hoogwaardiger recyclinggrondstoffen te creëren wordt hoogwaardige recycling gestimuleerd. Randvoorwaarde is economisch haalbaarheid. Dat vergt afstemming tussen de recycler en de afnemer: welke kwaliteit voor welke prijs. Een gerichte vraag kan dit stimuleren.

De wens om steeds hoogwaardiger grondstoffen uit afval te willen kan evenwel ook leiden tot afkomen van alleen de economisch interessantste grondstoffen uit een afvalstroom. Als dat betekent dat er een grotere residu stroom overblijft die enkel gestort of verbrand kan worden is de vraag gerechtvaardigd of dat werkelijk een stap voorwaarts is. Beleidsmatig voor bepaalde producten een lastige afweging tussen hoogwaardiger recyclen met meer residu versus een lagere kwaliteit met minder residu en een hoger recyclingpercentage. Voor steenachtig afval dat als menggranulaat zijn weg gemakkelijk vindt in met name wegfunderingen, is dit een relevante vraag: wat betekent het afkomen van beton uit deze stroom? De scheidslijn zal mede afhangen van de waardering voor het product door de afnemer (opbrengst) en de vraag wat er met de rest van betreffende afvalstroom nog kan (kosten). Dat is een politieke vraag met betrekking tot duurzaamheid, waar de markt niet altijd de juiste richting zal aangeven.

Verwacht mag worden dat op lange termijn hoogwaardiger recycling beter mogelijk zal zijn door beter ontworpen producten en bouwwerken (dat gaat nog decennia duren). Voor de kortere termijn zal betere afstemming tussen sloop, inzameling en recycling nodig zijn. Alleen al behoud van de huidige kwaliteit van recycling is een uitdaging. In de bouw zijn in de afgelopen decennia vele materialen gebruikt die recycling niet eenvoudiger maken. Ook vele nieuwe bouwproducten zijn niet allemaal (makkelijk) recyclebaar, ook al worden die soms als "circulair" op de markt gezet. Vooral nog zal de sloop steeds complexere afvalstromen generen als erfenis van de recente bouwpraktijk, waarin producten werden gebruikt die niet recyclebaar zijn zoals kitten, PUR, verschillende soorten isolatiematerialen (of de wijze van toepassing daarvan), laminaten et cetera.





10.6. Wind mee?

De wens om een circulaire en duurzame economie te realiseren levert veel kansen op. Positief, maar vanzelf gaat het zeker niet. De einde-afval status voor recyclinggranulaten is een positief voorbeeld, maar krijgt nog weinig navolging. Veel, ook nieuwe, regelgeving is ronduit belemmerend of werkt averechts zoals de in de Omgevingswet opgenomen verplichting tot binnen breken en financiële zekerheidsstelling. In de Regeling bodemkwaliteit onder de Omgevingswet is sprake van "niet genormeerde stoffen" maar aan een instrumentarium om dit handen en voeten te geven ontbreekt het. Hier komt de decentralisatie van bevoegdheden van centrale overheid naar gemeenten en provincies bij, die het tot een lappendeken van regels zal maken. In LAP3 speelt rond ZZS hetzelfde: gebrek aan maatschappelijk geaccepteerd instrumentarium en verschuiving van het probleem naar de ondernemers. Het VTH stelsel hapert. (zie de commotie in de Tweede Kamer). Daarnaast zet Europese regelgeving zoals de Bouwproductenverordening het private stelsel van certificering (kwaliteit!) onder druk. Alles bij elkaar is het een forse opgave voor overheid, bedrijfsleven en de burger om te blijven recycelen en om dit dan zoveel mogelijk circulair te doen.

10.7. Tot slot

Recycling van vrijkomend steenachtig afval kan meer circulair. De transitie die daarvoor nodig heeft meer stimulans en dwang (de wortel, de preek en de stok). Zo lang de markt bepalend is, zal de economische waarde van uit afval te halen grondstoffen het belangrijkste sturingsmechanisme zijn, wat niet altijd tot de meest duurzame oplossingen leidt. In financiële sturing liggen daarom de beste kansen. Ook creëren van afzet brengt de keten naar hoogwaardige recycling op gang door de vraag naar gerecyclede grondstoffen te stimuleren en zo nodig af te dwingen (verplicht percentage recycelaat). Het helpt als de deur naar laagwaardigheid en vlucht via export gesloten wordt. De overheid is daarvoor aan zet. BRBS Recycling als belanghebbende partij denkt daar graag over mee.

Recycling past naadloos in een circulaire economie. Het belang van grondstoffen zal toenemen. Recycling voorziet in een duidelijke maatschappelijke behoefte, waarbij de sector het vertrouwen heeft dat de nog te nemen hobbels zullen worden overwonnen. Daarom is het noodzakelijk dat de recyclingsector haar maatschappelijke bijdrage verder kan ontwikkelen, tot meer kwaliteit en continuïteit kan komen, zowel als het gaat om de efficiënte ontzorging op afvalgebied als de hoogwaardige toelevering op grondstoffengebied.

De recyclingindustrie is nog jong, zij staat nog maar aan het begin.



bijlage 1 **Veiligheid en voorzorg**

Recyclinggranulaat is uitstekend geschikt voor funderingslagen, maar ook vele andere toepassingen indien het voldoet aan eisen uit:

- certificatieregeling BRL 2506 die milieueisen (volgens het Besluit bodemkwaliteit, BRL 2506-2) en civieltechnische eisen (volgens de Standaard RAW Bepalingen en NEN 3832, BRL 2506-1) stelt;
- CE markering, volgens de Europese productnormen zoals EN 13242 voor ongebonden materialen in civieltechnische toepassingen.

Bij gebruik in afwijkende toepassingen kan extra aandacht nodig zijn om mogelijke risico's te voorkomen. Hieronder worden enkele van deze toepassingsgebieden besproken.

Omdat de leverancier van recyclinggranulaat veelal niet weet hoe het materiaal precies wordt toegepast, is de toepasser zelf verantwoordelijk voor het juiste gebruik van het materiaal.



Standaard granulaat

Ook bij standaard granulaat is de toepasser zelf een belangrijke schakel bij het behalen van het gewenste resultaat: een sterke funderingslaag. Hiervoor moeten met name vochtgehalte en verdichting worden bewaakt, zie hiervoor de CROW Standaard RAW Bepalingen. Ook moet voorkomen worden dat het materiaal ontmengt of menging plaatsvindt met stoffen die de kwaliteit negatief beïnvloeden. In verband met aansprakelijkheid is het niet gewenst partijen van verschillende leveranciers te mengen en zeker niet om toevoegingen te doen met ongekwalificeerd materiaal (zonder CE markering, en of zonder certificaat of partijkeuring).

Oppervlaktetoepassingen van recyclinggranulaat

Vaak worden aan materialen die aan de oppervlakte zichtbaar blijven meer eisen gesteld dan aan materialen die in onderlagen worden toegepast. Dit kunnen technische en visuele eisen zijn. In veel gevallen worden voor (tijdelijke) wegen, fietspaden of wandelpaden standaard recyclinggranulaten voorgeschreven. Dit leidt in sommige gevallen tot vragen over de samenstelling van het granulaat. In granulaat mag een zeker percentage glas, andersoortig steen (< 10% asfalt, cellenbeton), niet steenachtig materiaal (<1% metalen, kunststoffen) en hout (< 0,1% organisch materiaal)



voorkomen. Dit kan zichtbaar zijn en levert soms vragen op van burgers. Het percentage organisch materiaal in recyclinggranulaat moet aan strenge eisen voldoen.

Ook bij lage percentages is dit soort materiaal vaak goed zichtbaar. Door de verwerking komen de lichte materialen gemakkelijk 'bovendrijven'. Het is dan relatief eenvoudig een groot deel hiervan in het breekproces middels hand-picking te verwijderen, waarmee de de 'visuele kwaliteit' aanzienlijk verbeterd kan worden.



In de betonindustrie worden in bepaalde producten staalvezels in beton toegepast om meer sterkte te genereren. Dit vervangt het wapeningsijzer. Bij normale recycling van het staalvezelbetonpuin kunnen betonkorrels ontstaan waar de staalvezels uitsteken, de zogenoemde 'egeltjes'. Er zijn situaties bekend waar deze egeltjes schade veroorzaakten zoals lekke banden en verwondingen aan hoeven van vee dat op een kavelpad met dit materiaal in aanraking kwam.

Recent is veel ophef ontstaan over plastic in bospaden en andere oppervlaktetoepassingen. De sector heeft onder-tussen serieuze stappen gezet om te komen tot strengere eisen. Het vergt nog enige tijd voordat deze eisen ook formeel bekrachtigd zijn in de certificatieregeling, of bij voorkeur in nieuwe wetgeving.

Om dit soort situaties op de korte termijn te voorkomen verdient het aanbeveling om bij deze specifieke toepassingen bij opdrachtvorming een en ander naar een leverancier van recyclinggranulaat kenbaar te maken, zodat in overleg de juiste keuzes voor de juiste grondstoffen gemaakt kunnen worden.

PCB in puingranulaten bij kippenbedrijven

Kippenbedrijven schakelen in toenemende mate over naar modernere en diervriendelijker houderij-systemen. Een van de maatregelen is een vrije uitloop voor de kippen, die dan naar buiten kunnen. Om het terrein begaanbaar te houden wordt soms gekozen voor een toplaag van recyclinggranulaten. In 2015 hebben enkele kippenhouderijen problemen gehad met te hoge gehalten PCB in de eieren. Uit onderzoek door de Universiteit Wageningen is gebleken dat dit veroorzaakt werd doordat de kippen in het recyclinggranulaat pikten en PCB binnen kregen. Recyclinggranulaat dat aan alle chemische eisen voldoet kan de oorzaak zijn van een verhoogd PCB gehalte in eieren. Het Besluit bodemkwaliteit kent een PCB norm van 0,5 mg/kg d.s. voor bouwstoffen en van 0,02 mg/kg d.s. voor grond. De eisen voor PCB (+ dioxines) in kippen-eieren zijn veel strenger: 55 nanogram/kg (0,000055 mg/kg). Daardoor is het (theoretisch) mogelijk dat materiaal dat aan het Besluit bodemkwaliteit en legitiem is toegepast toch leidt tot te hoge gehalten in de eieren.

Een andere oorzaak van verhoogd PCB in eieren kunnen golfplaten op daken zijn van begin jaren 1970 met een coating die PCB bevat. Door regenwater kan deze PCB op de bodem terecht komen van de vrije uitloop van de kippen.

Refererend aan afspraken met de Inspectie Leefomgeving en Transport heeft de sector gezorgd voor voorlichting om verdere schadegevallen te voorkomen. Recyclingbedrijven wordt ontraden recyclinggranulaat te leveren voor betreffende toepassing ofwel aanvullend onderzoek te doen en alleen granulaat te leveren waarvan het gehalte PCB voldoende laag is om verhoogde gehalten in de eieren te voorkomen.

PCB's, die overigens niet meer gebruikt mogen worden in nieuwe producten, komen voor in :

- olie van van oude transformatoren
- vlamvertragers in coatings
- isolatiemiddelen in transformatoren
- bijproduct bij chloorfenolen
- bij verbranding van plastics
- bij vuilverbranding



Drainagevoorzieningen en waterberging

Standaard bevat recyclinggranulaat fijn materiaal om tot een goed draagvermogen van de funderingslaag te komen.

Recyclinggranulaat waaruit de fijnste fractie, meestal de 0/4 fractie, is verwijderd is uitstekend toepasbaar in situaties waar waterberging of drainage nodig is. Bij het ontbreken van fijn materiaal is er op dat moment sprake van een veranderd gedrag wat betreft draagvermogen. Het goede draagvermogen dat recyclinggranulaat doorgaans heeft (e-modulus > 400 kPa) wordt met het grovere materiaal niet meer gehaald. Onbekend is welke waarden kunnen worden gegarandeerd. Afhankelijk van het ontwerp kunnen derhalve aanvullende maatregelen nodig zijn om de benodigde sterkte (stijfheid) alsnog te behalen.

Standaard recyclinggranulaat beschikt reeds over een grote waterbergingscapaciteit. Berekening geschiedt op basis van de gemiddelde volumieke massa van de korrels en de dichtheid van het materiaal in het werk. Afhankelijk van de samenstelling van het granulaat kunnen deze cijfers verschillen, maar een voorzichtige schatting levert een bergingscapaciteit van circa 25% op, dit is 250 liter per kubieke meter. Bij verwijdering van de 0/4 fractie kan het materiaal zeker meer dan 45% water bergen.



Granulaat in kleine waterbassins

Soms worden recyclinggranulaten gebruikt als bodemversterkend materiaal op de bodem van vijvers of voor oeverbescherming. Recent gebroken granulaten kunnen de zuurgraad (pH) van water verhogen. Dit kan voor levende organismen (vissen) in water nadelige effecten hebben. Meestal neutraliseert dit binnen korte tijd, wat door verversen van het water verder kan worden bespoedigd. Dit risico is groot bij niet-stromende kleine wateroppervlakken. In grotere (stromende) waterpartijen is de pH-verhoging doorgaans gering, verdwijnt snel en is niet nadelig voor het waterleven.

Bij toepassing in bodem wordt doorsijpelend water snel geneutraliseerd en is er geen nadelig effect bekend.

Veiligheidsblad

Normaal gebruik van recyclinggranulaat kent weinig of geen veiligheidsproblemen. Alleen stof kan in onbeheerste situaties tot gezondheidsproblemen leiden bij hiervoor overgevoelige mensen en of bij veelvuldig contact. Bij recyclinggranulaat wordt een veiligheidsblad gehanteerd vanwege de verplichtingen vanuit de Bouwproductenverordening.



RECYCLINGGRANULAAT CONCEPT

<p>PRODUCTOMSCHRIJVING Kenmerken: steenachtig product afkomstig van de bewerking van bouw- en slooafval. Bevat een geringe hoeveelheid restanten van niet-steenachtig materiaal. Grijs tot roodbruin. Toepassing: secundaire bouwstof in civiele werken.</p>	<p>RISICO'S Bij stofvorming en toepassing: stof kan in mechanische zin irriterend zijn voor de ogen, huid en ademhalingsorganen (scherpe delen); bij herhaalde en langdurige blootstelling kans op schade aan de ademhalingswegen. De stoffractie bevat respirabel kwartsstof. Recyclinggranulaat kan verder restanten (respirabel) asbest of asbesthoudend materiaal bevatten. Inademing van kwartsstof of asbestvezels kan kankerwekkend zijn.</p>
<p>PERSOONLIJKE BESCHERMING Ogen: veiligheidsbril met zijschermen. Bij stofontwikkeling: nauw aansluitende bril. Huid: standaard werkkleding. Vervuilde kleding voor gebruik wassen. Inhalatie: niet vereist onder normale gebruiksomstandigheden. Bij matige stofvorming: masker met filtertype FFP2. Bij veel stofvorming: perslucht-/zuurstofstoel. Handen: katoenen handschoenen met nitril rubber coating.</p>	<p>EHBO Oraal: mond spoelen met water en veel water drinken. Ogen: onmiddellijk met veel water spoelen met de geopende oogleden. Huid: met water en zeep spoelen; zo nodig douchen. Inhalatie: breng het slachtoffer in de frisse lucht. In alle gevallen geldt: arts raadplegen bij aanhoudende irritatie.</p>
<p>VOORZORGEN Voorkom stof, zo nodig bevochtigen. Zorg in gesloten ruimten voor voldoende ventilatie en in situaties met veel stof voor bijvoorbeeld een afzuiging met filter of gesloten systeem. Stof niet inademen. Aanraking met de ogen en de huid vermijden. Hierbij geldt de gangbare GWW-praktijk. Niet eten, drinken of roken tijdens gebruik. Handen wassen na afloop van het werk of bij pauzes.</p>	<p>OPSLAG Geen speciale eisen. Stofvorming voorkomen. Zo nodig water verveelen. Te vermijden omstandigheden en stoffen: extreme stofvorming vermijden. De maximale stofconcentratie in lucht mag niet hoger zijn dan wettelijk toegestaan.</p>
<p>BLUSMIDDELEN – BRANDBESTRIJDING Niet brandbaar. Blusmiddelen afstemmen op de omgeving.</p>	<p>LEKMAATREGELEN – OPRUIJEN Opvevelen van stof en stofvorming voorkomen. Stofreducerende opruimmethoden gebruiken.</p>



bijlage 2 Minder beton onder de weg

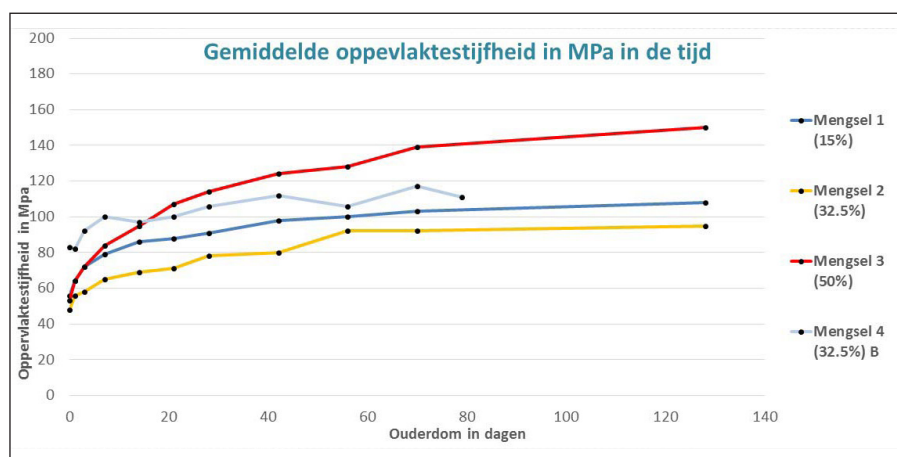
In de huidige trend naar een circulaire economie wordt gestreefd naar het sluiten van product- en materiaalketens en hoogwaardig hergebruik van grondstoffen. De betonindustrie pakt deze handschoen op waardoor de vraag naar oud beton voor toepassing in nieuw beton toeneemt. In het Betonakkoord staan hoge ambities, tot 100% hergebruik van oud beton in nieuw beton. De recyclingsector werkt hier graag aan mee, maar welk effect heeft dit op de wegenbouw? Daarvoor heeft Kiwa-KOAC in opdracht van BRBS Recycling onderzoek gedaan naar menggranulaten met lagere gehalten beton en het effect daarvan op het gedrag van de funderingslaag vastgesteld.

Menggranulaat moet voor circa 50% bestaan uit betondelen. Er zijn geen (ongebonden of niet gemodificeerde) primaire materialen die beter presteren als fundatiemateriaal. Een te hoge stijfheidsmodulus leidt tot meer scheurvorming in de toplagen en is niet gewenst. Menggranulaat heeft een licht bindende werking en de sterktegroei gaat lang in de tijd door. Daardoor is het een zeer geschikt materiaal voor toepassing als funderingslaag.

Onderzoek

In het onderzoek van Kiwa-KOAC zijn mengsels onderzocht met 50% betongranulaat (referentie), 32,5% betongranulaat en 15% betongranulaat. Zoals bij normaal menggranulaat bestaan de mengsels naast beton voornamelijk uit baksteen en andere vergelijkbare steensoorten. Door gestuurde samenstelling (fractioneren en sorteren van de monsters en gericht weer samenstellen) en homogeniseren zijn de te onderzoeken mengsels gelijkwaardig samengesteld op korrelgrootteverdeling en op samenstelling. De monsters zijn gekarakteriseerd aan de hand van standaardproeven korrelverdeling en eenpuntsproctordichtheid.

Vervolgens zijn de mengsels ingebouwd in grote proefopstellingen waardoor meting met handheld valgewichtdeflectie (Light weight deflectometer - LWD - Prima 100) mogelijk was. Deze methode is door Kiwa-KOAC gestandaardiseerd en onderbouwd. Hierdoor kan het materiaal in een praktijkdikte worden ingebouwd en ingesloten waardoor een goede simulatie van de praktijktoepassing van funderingsmaterialen mogelijk is. Op verschillende momenten in de tijd is de stijfheid in MPa gemeten. Dit levert de in onderstaande figuur weergegeven resultaten op.



Variant	Gehalte beton	Funderingsstijfheid (MPa)	Asfaltdikte (mm)	Funderingsdikte (mm)
Referentieconstructie	50%	400	188	250
compensatie dikkere fundering	32,5%	300	188	530
	15%	200	202	1000 (max)
Compensatie dikker asfalt	32,5%	300	200	250
	15%	200	213	250

Resultaten

De resultaten van de onderzoeken kwamen vrij goed overeen met wat werd verwacht dat recyclinggranulaat met hogere betongehalten beter presteren.

Toch bleek dat het monster met 32,5 % beton minder goed presteerde dan het monster met 15% beton. Naderonderzoek wees uit dat de verdichting van dit monster niet de beoogde 101% had bereikt (maar 96%). Nadat dit monster was ingebouwd met een juiste verdichting bleek ook dit monster (zie figuur boven, mengsel 4) volgens verwachting te presteren.

Conversie meetwaarden naar praktijkwaarden

Deze meetresultaten uit het laboratoriumonderzoek zijn niet direct vergelijkbaar met de waarden die in de praktijk worden gemeten. Daarom is er een conversieberekening toegepast om tot een schatting van de werkelijke stijfheidswaarden te komen. Op basis daarvan kon worden vastgesteld dat de verkregen geconverteerde laboratoriumwaarden vergelijkbaar zijn met praktijkwaarden. Op basis van deze conversie zijn, vertaald naar ontwerpwaarden, de volgende stijfheidsmoduli bepaald:

- Menggranulaat met 50% beton: 400 MPa
- Menggranulaat met 32,5% beton: 300 MPa
- Menggranulaat met 15% beton: 200 MPa

Door de beperkte omvang van het onderzoek moeten deze waarden als indicatief worden beschouwd. Uit de ruime ervaring met menggranulaten met 50% beton is bekend dat de standaard ontwerpwaarde voor menggranulaat, van 400 tot 600 MPa, wat een conservatieve inschatting is van de werkelijke waarden die in de praktijk worden gerealiseerd. (zie ook RWS onderzoek "Eindrapportage proefvakken Alphen" 2001).

Wegconstructie

Omdat mengsels met minder beton een lagere stijfheid leveren, is vervolgens bekeken of deze lagere stijfheid te compenseren is door een dikkere asfalttoplaag of met een grotere laagdikte van de fundering, zodat dezelfde levensduur van de wegconstructie kan worden bereikt. De berekeningen zijn uitgevoerd met OIA, Ontwerpinstrumentarium Asfalt: de Nederlandse standaardsoftware voor dit soort berekeningen. Hierbij worden veel variabelen die van invloed zijn meegenomen (aslasten, snelheid verkeer, wegontwerp, kwaliteit onderlaag, etc.).

Tabel: Compensatie funderingsstijfheid met asfalt- en funderingsdikte

Het blijkt dat compenseren van een minder sterke funderingslaag al snel een flinke toename vereist van funderingsdikte en of asfaltdikte. Omdat het asfaltpakket het duurste onderdeel is van de wegconstructie is dat geen aantrekkelijke optie, ook al omdat dan wordt ingeleverd op duurzaamheid. Erg dikke funderingslagen zijn evenmin een aantrekkelijke optie vanwege grondstoffenschaarste.

De rekenexperimenten zijn ook gedaan met variaties in verkeersintensiteit en stijfheid van de ondergrond.

Het blijkt dat deze variaties beperkt invloed hebben op de laagdikte-compensaties met asfalt voor lagere funderingsstijfheid, maar dat de stijfheid van de ondergrond veel invloed heeft op de dikte van de funderingslaag. Hierbij worden al snel funderingsdikten bereikt van meer dan 1000 mm, wat voor de praktijk niet als realistisch wordt beschouwd.

Conclusies

De stijfheid van mengsels met variërend betongehalte gedraagt zich volgens verwachting: naarmate het betongehalte afneemt van 50, naar 32,5 en 15%, neemt ook de stijfheid af. Andere betongehalten zijn niet onderzocht. De ontwikkeling van de stijfheid van mengsels met recyclinggranulaten is belangrijk. Deze ontwikkelt zich aanvankelijk snel (ruim 60% in 28 dagen), en blijft daarna langzaam doorgroeien in de tijd. Bij een lagere verdichtingsgraad neemt deze minder toe.

Het effect van een goede verdichting is groot en dus belangrijk voor een goede fundatie.

De ontwerp-asfaltdikte wordt slechts beperkt beïnvloed door de stijfheid van het funderingsmengsel bij een vergelijkbare levensduur. Compenseren van lagere stijfheid door een grotere funderingsdikte leidt rekenkundig al snel tot grote laagdiktes. Bij een ontwerpstijfheid van 300 MPa (32,5% beton) is dit nog enigszins mogelijk (< 700 mm funderingsdikte), maar verdere stijfheid verlaging kan niet realistisch worden gecompenseerd door grotere funderingsdikte.

Innovatie

Door productinnovaties zoals toevoegingen die de sterkte-ontwikkeling bevorderen, de korrelstapelning verbete-



ren en dergelijke kan de kwaliteit van een funderingslaag met minder beton eventueel worden gecompenseerd. Deze innovaties waren geen onderdeel van dit onderzoek. Door individuele partijen wordt hier reeds onderzoek naar gedaan.

Vervolg

Vanuit de visie dat minder oud beton in de wegenbouw moet worden toegepast en meer in beton kan het al interessant kunnen zijn als in de wegenbouw 10% minder beton in menggranulaat wordt toegepast. (uitgaande van 20 Mton wegenbouwgranulaat, zou 10% circa 2 Mton betongranulaat kunnen opleveren). Interessant is na te gaan of de wegenbouw tot standaard mengsels met 30 of 40% beton in menggranulaat te bewegen is. Lagere gehalten dan 30% lijken minder kansrijk (los van andere innovaties). Dit vraagt om verdere onderbouwing en uitbreiding van dit onderzoek. Vooralsnog neemt de vraag naar beton nog onvoldoende toe om op dit onderzoek uit te voeren. Als echter het Betonakkoord en circulaire innovaties de vraag naar gerecycled beton doen toenemen zal aanvullend onderzoek nodig zijn.





BRBS Recycling
Van Heemstraweg West 2b
5301 PA Zaltbommel