

Milieuprestatie Bestrating Amsterdam

R100349685 – 24 augustus 2023

Milieuprestatie Bestrating Amsterdam

Auteurs	Kas Jansen, Rick Scholtes
Rubricering rapport	TNO Public
Titel	TNO Public
Rapporttekst	TNO Public
Aantal pagina's	39 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	AMS Institute
Projectnummer	060.51765

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2023 TNO

Samenvatting

In opdracht van AMS Institute heeft TNO een analyse gedaan van de milieuprestatie (MKI: Milieukostenindicator en GWP: Global Warming Potential) en content secundair materiaal voor twee bestrating scenario's in de gemeente Amsterdam. Een scenario waarin de bestrating wordt hergebruikt en een scenario waarin nieuw geproduceerde producten worden toegepast. De vier meest gebruikte verhardingstypes voor de gemeente zijn meegenomen (betontegel, betonstraatsteen, betontrottoirband en de baksteen). Voor de nieuw aan te leveren materialen geldt dat hiervoor een standaardproduct of een alternatief (innovatief) product aangebracht kan worden. Daarbij is het ook nog van belang wat de mate van hergebruik is na het einde van de levensduur. Hier is gerekend met de forfaitaire scenario's van de Nationale Milieudatabase (95% hergebruik en 50% hergebruik voor de trottoirbanden), en met de praktijkervaring van de aannemer Markus-Veekens (85% hergebruik).

Het doel van het onderzoek is geen LCA te maken van de producten zelf, maar om inzicht te geven in de milieuprestatie van de verschillende scenario's en varianten van het opbreken en weer aanleggen van een weg. Het begin van de LCA is dan ook de sloop van de oude bestrating, module C1. Door de aanpassing van de systeemgrenzen, is het einde levensduurfase van de vorige cyclus meegenomen in de berekening, en is er gemodelleerd tot aan de einde levensduurfase van het nieuwe productsysteem. Voor deze scenario-berekening is dat logisch om te doen. Daarmee is er dus feitelijk geen verschil wanneer de LCA was opgesteld van module A t/m D.

In het geval van de betontegel en de betonstraatsteen heeft het Hergebruik Forfaitaire Alternatief scenario zowel de laagste MKI als GWP. Het Nieuw Praktijk Standaard scenario's heeft de hoogste MKI en GWP. Wanneer er alleen op MKI gelet wordt geldt dat alle hergebruik scenario's beter uitkomen dan de nieuwe scenario's. Als er alleen naar GWP wordt gekeken dan komt het Hergebruik Praktijk Standaard scenario hoger uit dan het Nieuw Forfaitaire Alternatief en Nieuw Praktijk Alternatief scenario. Het verschil tussen de MKI en GWP is te verklaren door de aanwezigheid van een basische activator in geo-polymeer beton, die effect heeft op de impact-categorieën humane en ecologische toxiciteit. Deze effecten zijn opgenomen in de MKI-waarde, maar niet in de GWP.

Voor de trottoirband heeft het Hergebruik Praktijk Alternatief scenario over alle fases de laagste MKI en GWP. Het Nieuw Forfaitaire Standaard scenario komt het hoogste uit voor zowel de MKI en de GWP. Hierin is voornamelijk het hergebruik percentage doorslaggevend.

Tot slot geldt voor de baksteen dat het scenario Hergebruik Forfaitaire Alternatief over alle fases de laagste milieu-impact heeft, en het Nieuw Praktijk Standaard scenario de hoogste. De ZOAK-baksteen wordt op dit moment geproduceerd in China, maar aangezien er plannen zijn voor een verhuizing naar Nederland is er voor deze studie de aanname gedaan dat deze geproduceerd is in Nederland. Dit heeft een significante impact op de LCA-resultaten door de aanpassing van de transportafstand naar de bouwplaats.

De verschillen tussen de nieuw en hergebruik scenario's voor alle verhardingstypes zijn voornamelijk toe te schrijven aan de transportafstand in fase A4. Hergebruikte stenen worden over een kortere afstand vervoerd dan de nieuwe stenen, omdat zij op dezelfde locatie worden hergebruikt in plaats van elders. Uit de resultaten blijkt dat lokaal hergebruik duurzamer is.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Inhoudsopgave	4
1 Inleiding	5
2 Doel en doelgroep van de studie	6
3 Scope van de studie	7
3.1 Onderwerp van de studie	7
3.1.1 Materiaalgebruik in aanlegfase	7
3.1.2 Einde levensduur	7
3.1.3 Nieuwe producten	7
3.2 Systeemgrenzen	10
3.3 Functionele eenheid	11
3.4 Uitgangspunten	11
3.5 Aannames	12
4 Uitgangspunten per product	13
4.1 Betonproducten	13
4.2 Gebakken producten	14
5 Inventarisatie	15
5.1 Module C – Sloop	15
5.2 Module D – Hergebruik	15
5.3 Module A – Bouw	16
6 Impact assessment & interpretatie	17
6.1 Betonproducten	17
6.2 Gebakken producten	23
7 Content secundair materiaal	25
7.1 CERO beton	25
7.2 ZOAK	26
8 Discussie	27
9 Conclusie	29
10 Referenties	30
11 Ondertekening	31

Bijlage A.1 t/m A.4

1 Inleiding

In opdracht van AMS Institute heeft TNO een analyse gedaan van de milieuprestatie (uitgedrukt in Milieukostenindicator (MKI)), global warming potential (GWP) (uitgedrukt in CO₂-eq) en content secundair materiaal voor twee bestrating scenario's.

Deze scenario's bestaan uit een niet specifieke straat in de gemeente Amsterdam, waarvan de data zijn geleverd door AMS Institute. De volgende twee scenario's zijn onderwerp van deze studie:

- a) bestrating van een straat met hergebruik van bestaande elementen;
- b) vervanging door een nieuw duurzaam bestratingsmateriaal of vervanging door een nieuw conventioneel bestratingsmateriaal (huidige standaard in de markt).

Er zijn verschillende mogelijkheden voor bestratingen. In dit onderzoek zijn de vier meest gebruikte verhardingstypes berekend:

- betontegel;
- betonstraatsteen;
- gebakken steen;
- beton trottoirbanden.

De resultaten van dit onderzoek dienen als basis voor het optimaliseren van onderhoudsmaatregelen binnen de asset Verhardingen in de gemeente Amsterdam, waarbij de duurzaamheid van de toegepaste materialen op wetenschappelijke basis langs verschillende indicatoren kan worden berekend en meegewogen in de prioritering van de planning, uitvoering, kostenraming en impact-monitoring van bestratingsprojecten in de gemeente.

2 Doel en doelgroep van de studie

Het doel van deze LCA-studie voor bestratingsproducten van AMS Institute is om de milieuprestatie van verschillende bestratingselementen te evalueren en mogelijke verbeteringen te identificeren. De LCA omvat een vergelijking tussen twee scenario's om de milieuprestaties van de bestratingsproducten in kaart te brengen. Oorspronkelijk bedoeld voor intern gebruik, is ervoor gekozen om de resultaten publiekelijk te delen en inzicht te geven in het verschil in milieu-impact van een scenario met nieuwe producten en hergebruikte producten. Met dit inzicht kunnen duurzame keuzes gemaakt worden door partijen die zich bezighouden met bestratingen.

3 Scope van de studie

3.1 Onderwerp van de studie

In dit onderzoek wordt van vier verschillende producten een vergelijking gemaakt tussen nieuwe bestratingsproducten en hergebruikte bestratingsproducten. De producten die worden onderzocht zijn:

- betontegel;
- betonstraatsteen;
- gebakken steen;
- beton trottoirbanden.

Voor deze vier producten zijn een aantal scenario's berekend. Er zijn drie aspecten die de scenario's definiëren:

- Materiaalgebruik in aanlegfase: hergebruik of nieuw
- Uitgangspunt einde levensduurscenario: forfaitair of praktijk
- Nieuwe producten: standaard of alternatief

3.1.1 Materiaalgebruik in aanlegfase

Voor de aanlegfase zijn twee scenario's berekend. In het eerste scenario worden er nieuwe producten gebruikt bij de aanleg van de nieuwe weg en in het tweede scenario worden de producten gebruikt die zijn vrijgekomen bij het verwijderen van de weg die er daarvoor lag.

3.1.2 Einde levensduur

Voordat de nieuwe weg wordt aangelegd, wordt de oude eerst verwijderd. De verwijdering van deze producten betekent een einde levensduurfase waar de producten volgens een bepaalde verdeling gestort, gerecycled en/of hergebruikt worden.

Volgens de bijlage Verwerkingsscenario's Einde Leven van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken (versie 1.1) (Stichting Nationale Milieudatabase, 2022) is het afvalscenario voor *beton, steen, straatwerk (straatstenen beton en natuursteen)* 95% hergebruik, 4% recycling en 1% stort. Voor *beton, straatwerk (opsluitbanden en goten beton)* is dat 50% hergebruik, 49% recycling en 1% stort. Dit is het 'forfaitaire-scenario'. Dit scenario komt niet overeen met de ervaring die is opgedaan in Amsterdam door de aannemer Markus-Veebens. Daar was sprake van 85% hergebruik, 12% recycling, en 3% stort. Deze gegevens zijn gebruikt voor het 'praktijk-scenario'.

3.1.3 Nieuwe producten

In de scenario's waar uit wordt gegaan van nieuwe producten, zijn er twee opties voor de nieuwe producten: een standaard en een alternatief. Voor de betonnen producten bestaat de standaard variant uit beton met cement als bindmiddel en het alternatief uit geopolymeer beton.

Voor de gebakken stenen bestaat de standaard variant uit generieke data in de Nationale Milieudatabase (NMD) (categorie 3 data is generieke, ongetoetste data in de NMD, in tegenstelling tot categorie 1 en 2 die producten (1) of branche (2) specifiek zijn). De variant alternatief bestaat in dit geval uit zeer open asfalt klinker (ZOAK).

De nieuwe producten zijn ook nodig voor de aanvulling van straatstenen in de scenario's voor hergebruik. Omdat niet alle stenen hergebruikt kunnen worden die vrijkomen bij de einde levensfase van de weg (als gevolg van breuk etc.) dienen deze aangevuld te worden met nieuwe producten. In de hergebruik scenario's is dus ook steeds sprake van een standaard variant en een alternatief voor het aanvullen met nieuwe producten van de producten die verloren zijn gegaan.

Bovendien ontstaan er ook, tijdens de aanleg van de nieuwe weg verliezen. De Bepalingsmethode houdt als forfaitaire waarden voor verliezen tijdens de aanlegfase 3% aan. Dit percentage is in dit onderzoek gebruikt en het uitgangspunt is dat hiervoor nieuwe producten worden ingezet, welke dus het standaard of het alternatieve product kan zijn.

De achtergrondgegevens en de bron van het standaard en alternatief product is in onderstaande tabellen (tabel 3.1, tabel 3.2) weergegeven. De eerste is van toepassing op de betonproducten, de tweede voor de gebakken stenen.

Tabel 3.1: Achtergrondgegevens betonproducten

Variant	Kenmerk	Producent	Bron
Standaard	Beton met cement als bindmiddel	Struyk Verwo	(TNO, 2021)
Alternatief	Geopolymeer beton	Struyk Verwo	(TNO, 2021)

Tabel 3.2: Achtergrondgegevens gebakken stenen

Variant	Kenmerk	Producent	Bron
Standaard	ZOAK	Tile Systems B.V.	(Ecochain, 2021)
Alternatief	Straatbaksteen	Generiek	Nationale Milieudatabase

Overzicht scenario's

De hierboven beschreven scenario's zijn hieronder samenvattend in tabelvorm weergegeven. De eerste tabel is van toepassing op de betontegel en de betonstraatsteen (tabel 3.3), de tweede op de gebakken stenen (tabel 3.4) en de derde op de beton trottoirbanden (tabel 3.5). Het verschil tussen de tabellen zijn de percentages voor hergebruik, recycling en stort en het uitgangspunt voor de nieuwe producten.

Tabel 3.3: Betontegel en Betonstraatstenen - Scenario's en Varianten

Afkorting	Herkomst	Uitgangspunt scenario	Nieuwe producten	Einde leven scenario		
				Hergebruik	Recycling	Stort
HFS	Hergebruikt	Forfaitair	Standaard (cement beton)	95%	4%	1%
HFA	Hergebruikt	Forfaitair	Alternatief (geopolymer beton)	95%	4%	1%
HPS	Hergebruikt	Praktijk	Standaard (cement beton)	85%	12%	3%
HPA	Hergebruikt	Praktijk	Alternatief (geopolymer beton)	85%	12%	3%
NFS	Nieuw	Forfaitair	Standaard (cement beton)	95%	4%	1%
NFA	Nieuw	Forfaitair	Alternatief (geopolymer beton)	95%	4%	1%
NPS	Nieuw	Praktijk	Standaard (cement beton)	85%	12%	3%
NPS	Nieuw	Praktijk	Alternatief (geopolymer beton)	85%	12%	3%

Tabel 3.4: Gebakken steen - Scenario's en Varianten

Afkorting	Herkomst	Uitgangspunt scenario	Nieuwe producten	Einde leven scenario		
				Hergebruik	Recycling	Stort
HFS	Hergebruikt	Forfaitair	Standaard (categorie 3 data NMD)	95%	4%	1%
HFA	Hergebruikt	Forfaitair	Alternatief (ZOAK)	95%	4%	1%
HPS	Hergebruikt	Praktijk	Standaard (categorie 3 data NMD)	85%	12%	3%
HPA	Hergebruikt	Praktijk	Alternatief (ZOAK)	85%	12%	3%
NFS	Nieuw	Forfaitair	Standaard (categorie 3 data NMD)	95%	4%	1%
NFA	Nieuw	Forfaitair	Alternatief (ZOAK)	95%	4%	1%
NPS	Nieuw	Praktijk	Standaard (categorie 3 data NMD)	85%	12%	3%
NPS	Nieuw	Praktijk	Alternatief (ZOAK)	85%	12%	3%

Tabel 3.5: Beton trottoirbanden - Scenario's en Varianten

Afkorting	Herkomst	Uitgangspunt scenario	Nieuwe producten	Einde leven scenario		
				Hergebruik	Recycling	Stort
HFS	Hergebruikt	Forfaitair	Standaard (cement beton)	50%	49%	1%
HFA	Hergebruikt	Forfaitair	Alternatief (geopolymer beton)	50%	49%	1%
HPS	Hergebruikt	Praktijk	Standaard (cement beton)	85%	12%	3%
HPA	Hergebruikt	Praktijk	Alternatief (geopolymer beton)	85%	12%	3%
NFS	Nieuw	Forfaitair	Standaard (cement beton)	50%	49%	1%
NFA	Nieuw	Forfaitair	Alternatief (geopolymer beton)	50%	49%	1%
NPS	Nieuw	Praktijk	Standaard (cement beton)	85%	12%	3%
NPS	Nieuw	Praktijk	Alternatief (geopolymer beton)	85%	12%	3%

3.2 Systeemgrenzen

De modulaire opbouw van de LCA volgens de EN15804 en de Bepalingsmethode is gebruikt, maar in een andere volgorde. Doel van het onderzoek is geen LCA te maken van de producten zelf, maar om een inzicht te geven van de verschillende scenario's en varianten van het opbreken en weer aanleggen van een weg. Het begin van de LCA is dan ook de sloop van de oude bestrating, module C1.

Vervolgens worden de producten verwerkt in een einde levensduurscenario, waarbij de producten hergebruikt worden voor de aanleg van een nieuwe weg (op dezelfde plek) in het ene scenario of vrijkomen als producten die elders hergebruikt kunnen worden in het andere scenario.

De grondstofwinning, productie, transport en aanleg van de weg wordt in module A gemodelleerd. Module B is buiten beschouwing gelaten, omdat ervan uitgegaan wordt dat er geen onderhoud of reparatie nodig is en indien dit nodig is, dit in de vergeleken situaties hetzelfde is.

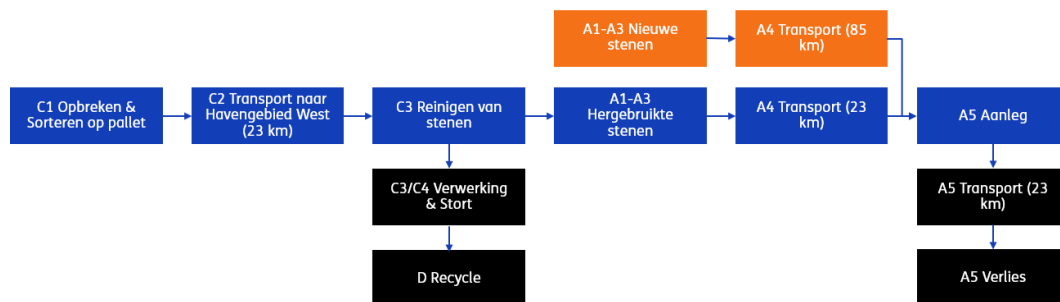
Omdat de einde levensduurfase van de oude weg gemodelleerd is, wordt deze van de nieuw aan te leggen materialen niet ook nog gemodelleerd.

In het geval van nieuwe producten worden in de einde levensduurfase de productie van primaire producten uitgespaard. In het geval van de hergebruikte producten, werkt het juist andersom: voor de secundaire producten dienen verliezen juist aangevuld te worden met de productie van primaire producten.

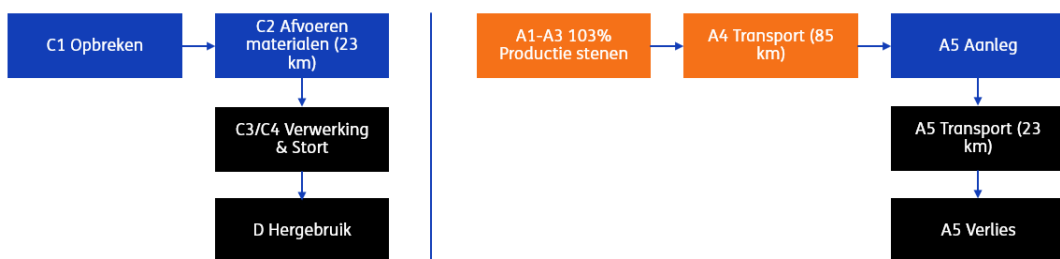
In dit onderzoek zijn de verliezen bij hergebruik aangevuld met nieuwe producten, zodat er weer een volledige weg gemaakt kan worden. Bij het scenario met nieuwe producten is bij de einde levensduur van het opbreken van de weg, het overblijven van de producten als uitsparing van de winning van grondstoffen gemodelleerd in module D (deze producten

blijven over, omdat voor de nieuwe aan te leggen weg, nieuwe producten worden gebruikt). Daarmee is er dus feitelijk geen verschil wanneer de LCA was opgesteld van module A t/m D.

Hieronder zijn de stroomschema's voor de twee scenario's weergegeven, eerst die van het 'Nieuw' scenario (figuur 3.1), daarna die van 'het 'Hergebruik' scenario (figuur 3.2).



Figuur 3.1: Stroomschema 'Nieuw' scenario



Figuur 3.2: Stroomschema 'Hergebruik' scenario

3.3 Functionele eenheid

De functionele eenheid is de basis waarop producten met elkaar vergeleken kunnen worden. In dit onderzoek wordt een nieuw product vergeleken met een hergebruikt product, waarvan de producten verder dezelfde producteigenschappen hebben. In dit geval zijn er vier producten, waarvan de betontegel, de betonstraatstenen en de gebakken stenen per m² en de beton trottoirbanden per strekkende meter worden berekend.

3.4 Uitgangspunten

Voor alle scenario's en bestratingsproducten gelden de onderstaande uitgangspunten:

- De levensduur van de producten staat gelijk aan het bouwwerk (weg) waarin zij worden toegepast en dat deze voor de nieuwe en hergebruikte situatie even lang is.
- Er is geen onderhoud of vervangingen nodig gedurende deze levensduur.
- Er wordt alleen gekeken naar de producten zelf, onderlagen en verpakkingen blijven buiten beschouwing, omdat deze, indien van toepassing, in de vergelijkingen gelijk zijn.
- Er wordt zoveel mogelijk binnen de kaders van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken gewerkt.
- Voor milieudata worden de Nationale Milieudatabase 3.5 en de ecoinvent 3.6 database geraadpleegd.

- Voor de inzet van de machines en het energie verbruik per activiteit is uitgegaan van de informatie die geleverd is door de aannemer Markus-Veeke. Deze data dienen als directe input voor het model. Deze informatie is te vinden in Bijlage A.

3.5 Aannames

In het model zijn de onderstaande aannames toegepast:

- Op dit moment wordt de productie van de ZOAK baksteen uitgevoerd in China. Er zijn echter plannen om de productie te verplaatsen naar Nederland. Om deze reden is er in dit onderzoek van uitgegaan dat de productie plaatsvindt in een Nederlandse fabriek.
- Voor al het transport is uitgegaan van een EURO 6 categorie N2 vrachtwagen (3,5-12 ton).
- Voor het aanleveren van alle nieuwe materialen is aangenomen dat deze in alle gevallen een transportafstand van 85 km hebben.
- Voor het aan- en afvoeren van hergebruikt materiaal is 23 km aangenomen. Dit is de afstand naar het Havengebied West waar de stenen worden gereinigd.
- Van de producten die vrijkomen bij de sloop van de weg, is uitgegaan dat het om producten gaat die voor 100% bestaan uit primaire grondstoffen.
- Voor de producten die zijn vrijgekomen bij de sloop is uitgegaan dat dit nieuwe producten waren toen zij gelegd werden en dat ze een volledige levensduur hebben gehad. Productie en winning van de grondstoffen van de producten, is dus geheel toegeschreven aan de voorgaande cyclus.

4 Uitgangspunten per product

In dit hoofdstuk worden de product specifieke uitgangspunten uiteengezet die worden gebruikt bij het uitvoeren van het onderzoek.

In tabel 4.1 staat per product aangegeven van welke specificaties is uitgegaan. Deze zijn gebaseerd op DuboCalc 6.0, LCA rapportages van Struyk Verwo (TNO, 2021) en EcoChain (Ecochain, 2021), en de aannemer Markus-Veeckens (Bijlage A).

Tabel 4.1: Overzicht met product specificaties (FE: Functionele Eenheid)

Product	Afmeting (mm)	Eenheid	Gewicht per FE	Dikte (mm)	oppervlakte (m ²)	Dichtheid (kg/m ³)
Betontegel	300x300x45	m ²	108	45	1	2400
Betonstraatsteen	210x105x80	m ²	192	80	1	2400
Trottoirband	130/150x250x1000	m ¹	90	1000	0,0375	2400
Baksteen ZOAK	200x100x55	m ²	100	55	1	1818
Baksteen standaard	100x100x80	m ²	170	80	1	2125

4.1 Betonproducten

Voor de betontegels zijn de volgende uitgangspunten genomen:

- Voor de standaard variant wordt uitgegaan van het traditionele betonproduct uit de LCA rapportage van Struyk Verwo's CERO betonproduct (TNO, 2021).
- Voor de sloop C1 wordt voor het 'Hergebruik' en 'Nieuw' scenario met dezelfde machine en energieverbruik gerekend. Omdat de betontegels uit het werk worden gehaald en meteen op een pallet worden gelegd in beide scenario's. Dit wordt gedaan met behulp van een diesel machine.
- Betontegels aanleggen gebeurt met een elektrische straatmakker (dit is een bestratingsmachine voor het leggen van tegels).

Voor de betonstraatstenen zijn de volgende uitgangspunten genomen:

- Voor de standaard variant wordt uitgegaan van het traditionele betonproduct uit de LCA rapportage van Struyk Verwo's CERO betonproduct (TNO, 2021).
- Het opbreken van de stenen wordt in beide hoofdsenario's met dezelfde machine met hetzelfde energieverbruik gedaan. In het 'Hergebruik' scenario wordt er gesorteerd met de hand.

Voor de trottoirbanden zijn de volgende uitgangspunten genomen:

- Voor de standaard variant wordt uitgegaan van het traditionele betonproduct uit de LCA rapportage van Struyk Verwo's CERO betonproduct (TNO, 2021).
- Het opbreken in het 'Hergebruik' scenario gaat wat trager dan in het 'Nieuw' scenario voor de banden aangezien deze breekbaarder zijn en dus voorzichtiger moeten worden opgebroken.

4.2 Gebakken producten

Voor de bakstenen zijn de volgende uitgangspunten genomen:

- Voor de baksteen wordt van de standaard variant uitgegaan met de afmetingen van de traditionele baksteen uit het ZOAK rapport (8cm dik en 170kg/m²), gekoppeld aan de NMD proceskaart '0008-fab&Baksteen, metselbaksteen, straatbaksteen, klinker (o.b.v. *Clay brick {GLO} market for / Cut-off, U*).

5 Inventarisatie

5.1 Module C – Sloop

In de onderstaande tabel (tabel 5.1) zijn de activiteiten gepresenteerd die gemodelleerd zijn voor de sloopfase. Aan iedere activiteit zijn respectievelijk representatieve proceskaarten uit de databases gekoppeld. Voor iedere activiteit zijn er specifieke machines gebruikt met een ingeschat energieverbruik. Deze informatie is per product per scenario te vinden in bijlage A.

Tabel 5.1: Proceskaart per activiteit in module C

Activiteit	Proceskaart	Bron
Opbreken en sorteren op pallet (C1)	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing Cut-off, U)	Nationale Milieudatabase
Opbreken (C1)	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing Cut-off, U)	Nationale Milieudatabase
Opbreken elektrisch (C1)	0510-pro&Elektriciteitsverbruik, graafmachine elektrisch, grijze mix, per kWh input (3,6 MJ input is 2,75 MJ arbeid)	Nationale Milieudatabase
Transporteren (C2)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, euro6 {RER} market for transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 Cut-off, S	Nationale Milieudatabase
Breken (C3)	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	Nationale Milieudatabase
Reinigen (C3)	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing Cut-off, U)	Nationale Milieudatabase
Stort (C4)	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill Cut-off, U)	Nationale Milieudatabase

5.2 Module D – Hergebruik

In de onderstaande tabel (tabel 5.2) zijn de fases gekoppeld aan de bijbehorende productkaarten of bronnen.

Tabel 5.2: Proceskaart per activiteit in module D

Product	Proceskaart	Bron
Recycling (D)	Gravel, round {RoW} market for gravel, round Cut-off, U	Nationale Milieudatabase
Hergebruik (D)	Respectievelijk vermeden materiaal	-

5.3 Module A – Bouw

Voor de bouwfase zijn in de onderstaande tabellen (tabel 5.3, tabel 5.4) de producten en activiteiten gepresenteerd met de bijbehorende proceskaarten of LCA rapportage.

Tabel 5.3: Proceskaart per product in module A

Product	Proceskaart	Bron
Cement beton product (A1-A3)	-	(TNO, 2021)
Geopolymeer beton product (A1-A3)	-	(TNO, 2021)
ZOAK Baksteen ¹ (A1-A3)	-	(Ecochain, 2021)
Baksteen (A1-A3)	0008-fab&Baksteen, metselbaksteen, straatbaksteen, klinker (o.b.v. Clay brick {GLO}) market for Cut-off,	Nationale Milieudatabase

Tabel 5.4: Proceskaart per activiteit in module A

Activiteit	Proceskaart	Bron
Transporteren (A4)	Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, euro6 {RER} market for transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6 Cut-off, S	Nationale Milieudatabase
Elektrisch straten (A5)	0510-pro&Elektriciteitsverbruik, graafmachine elektrisch, grijze mix, per kWh input (3,6 MJ input is 2,75 MJ arbeid)	Nationale Milieudatabase

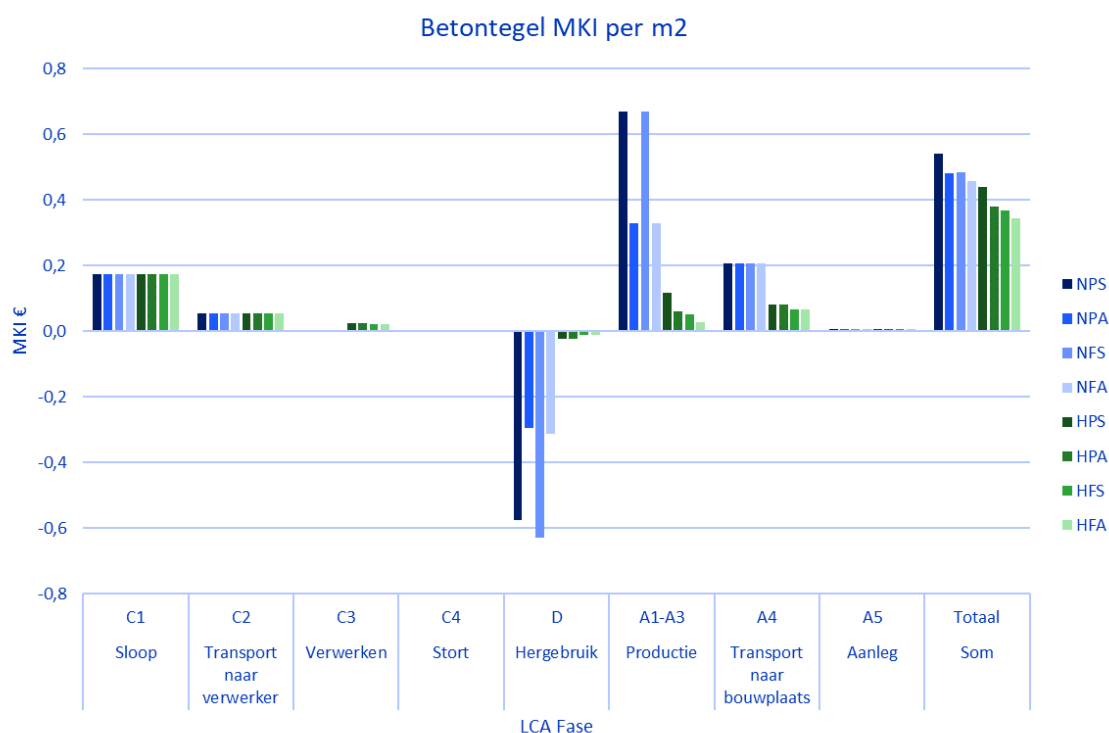
¹ LCA aangepast naar de aanname dat de productie van ZOAK in Nederland plaatsvindt.

6 Impact assessment & interpretatie

In dit hoofdstuk worden de LCA resultaten gepresenteerd en geïnterpreteerd. De resultaten zijn onderverdeeld in betonproducten (betontegel, betonstraatsteen en de trottoirband), en in de gebakken producten (baksteen).

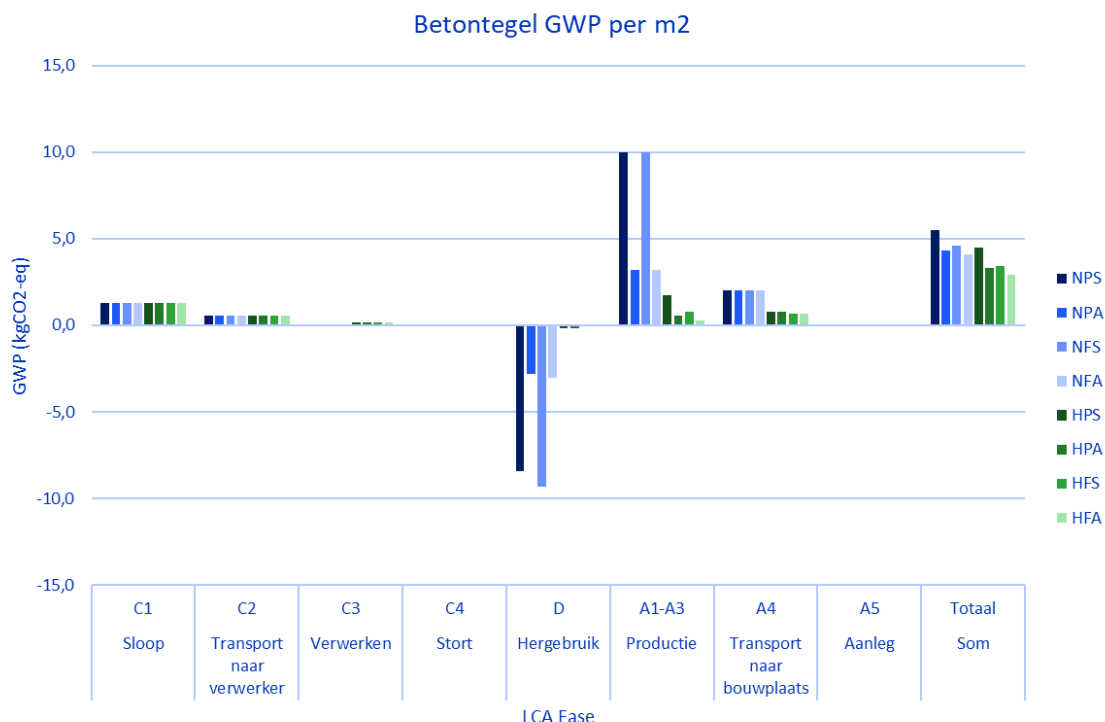
6.1 Betonproducten

In de figuren 6.1 t/m 6.8 zijn de LCA resultaten van de betonproducten uitgedrukt in MKI en in GWP (uitgedrukt in kg CO₂-eq).



Figuur 6.1: MKI per m² van de betontegel

Uit figuur 6.1 blijkt dat alle scenario's waarin nieuwe tegels worden aangebracht een hogere milieu-impact hebben dan de hergebruikscenario's. Met name de toepassing van de standaard tegel heeft een hoge impact in A1-A3, alleen hebben deze in module D ook de hoogste baten. Er wordt met name een groot verschil gemaakt in de transportfase. In de hergebruik scenario's worden de verwijderde tegels in de buurt gereinigd en in dezelfde plek teruggelegd. Voor de nieuw scenario's worden de verwijderde tegels elders in Nederland toegepast.

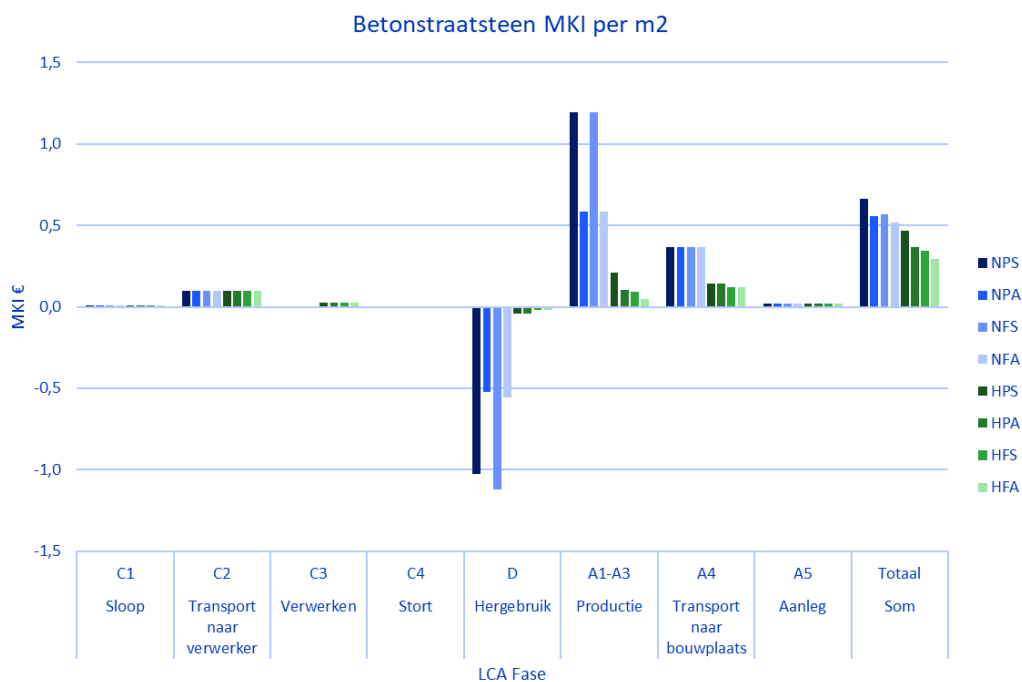


Figuur 6.2: GWP per m² van de betontegel

Wanneer er naar GWP wordt gekeken (figuur 6.2), verandert de trend. Daaruit blijkt dat de hergebruikscenario's over het algemeen ook een lagere impact hebben dan de nieuwe scenario's, met uitzondering van het Hergebruik Praktijk Standaard-scenario. Deze komt namelijk hoger uit dan Nieuw Forfaitaire Alternatief. Het verschil tussen MKI en GWP wordt voornamelijk veroorzaakt door fase A1-A3. In deze fase wordt het verschil goed zichtbaar tussen Hergebruik Praktijk Standaard en Hergebruik Praktijk Alternatief, evenals tussen Hergebruik Forfaitaire Standaard en Hergebruik Forfaitaire Alternatief. Dit komt doordat de GWP van de nieuw aan te voeren standaard tegels relatief veel hoger ligt dan de GWP van de alternatieve stenen.

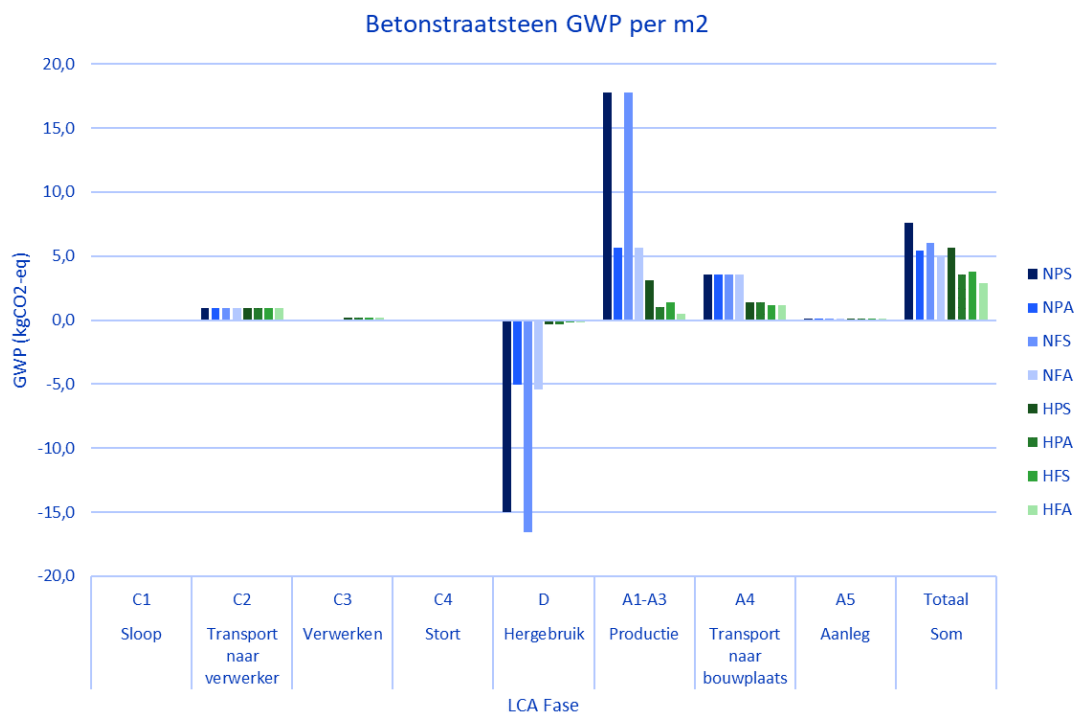
Het verschil in milieu-impact tussen MKI en GWP wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een basische activator in geopolymeer beton, die effect heeft op de impact-categorieën humane en ecologische toxiciteit. Deze effecten zijn opgenomen in de MKI-waarde, die bestaat uit 11 milieu-impactcategorieën, waaronder de uitstoot van broeikasgassen (GWP) uitgedrukt in kg CO₂-eq. Deze effecten zijn echter niet meegenomen in de GWP resultaten.

In de nieuwe scenario's zijn de baten in module D een belangrijke factor voor de totaalscore. Deze baten ontstaan doordat bij het hergebruik van primaire materialen kan worden aangenomen dat er in een volgende toepassing productie van primaire materialen vermeden wordt. Dit geldt echter niet voor de hergebruikscenario's, aangezien daar gebruik wordt gemaakt van secundair materiaal. Dit secundaire materiaal kan na einde leven niet hergebruikt worden als primair materiaal, maar als grind. Grind heeft een aanzienlijk lagere milieu-impact dan een betonsteen.



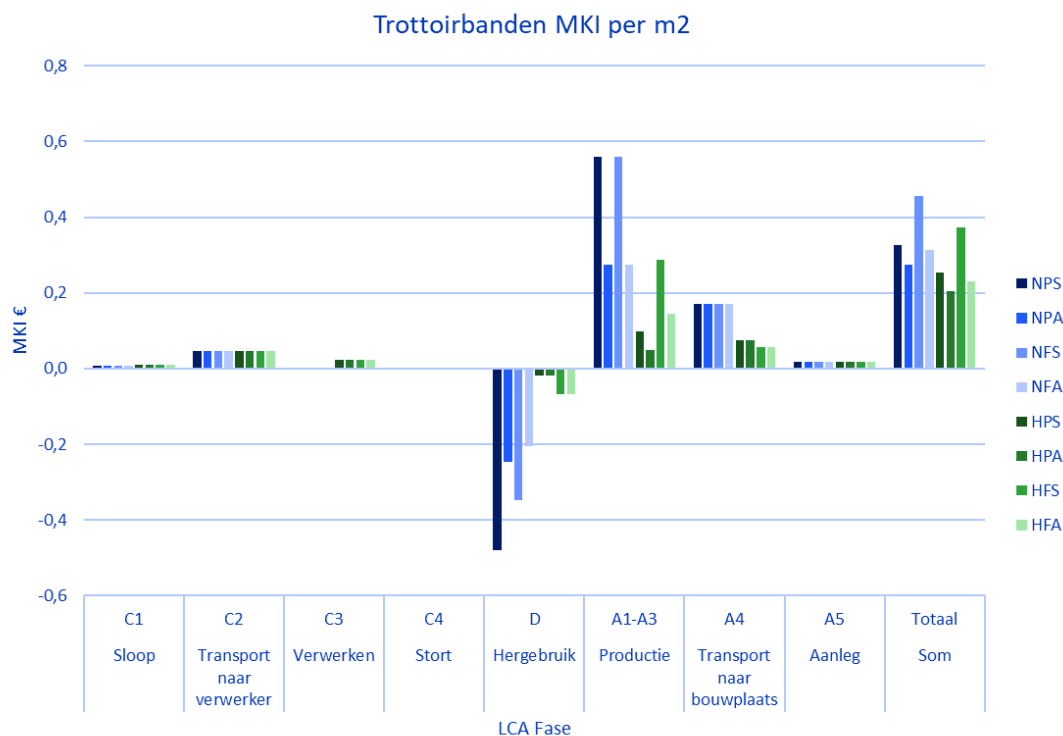
Figuur 6.3: MKI per m² van de betonstraatsteen

De MKI resultaten van de betonstraatsteen weergegeven in figuur 6.3 lijken veel op de resultaten van de betontegel. Het verschil tussen deze twee ligt in de sloopfase (C1). De straatstenen worden namelijk verwijderd met een elektrische shovel, terwijl de betontegels verwijderd worden met een hydraulische graafmachine op basis van diesel. Hierdoor wordt het zwaartepunt van het transport nog belangrijker.



Figuur 6.4: GWP per m² van de betonstraatsteen

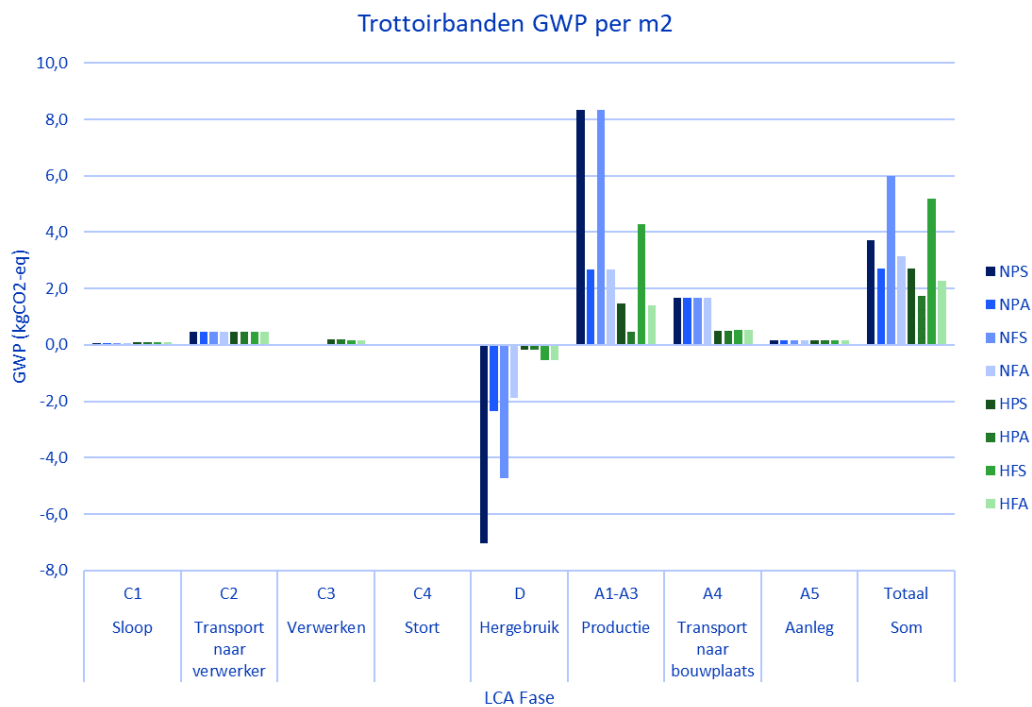
Voor de GWP resultaten van de betonstraatstenen (figuur 6.4) geldt ook dat de trend vergelijkbaar is met de GWP resultaten van de betontegels (figuur 6.2). Behalve dat de sloopfase een lagere GWP heeft.



Figuur 6.5: MKI per m¹ van de trottoirband

De grafiek voor de trottoirband (figuur 6.5) ziet er anders uit dan die van de tegels en straatstenen. Dit komt doordat hier een ander einde levensduur scenario is gehanteerd voor de forfaitaire scenario's. De forfaitaire einde levensduur scenario's hebben in dit geval namelijk een lager hergebruik percentage dan het praktijk scenario.

Wanneer er uit wordt gegaan van dezelfde einde levensduurscenario's, en hetzelfde type trottoirband, liggen de hergebruik scenario's wederom lager dan de nieuwe. De transportfase is wederom de oorzaak van de grote verschillen tussen de scenario's. In dit geval is alleen niet de Hergebruik Forfaitaire Alternatief het scenario met de laagste MKI, maar de Hergebruik Praktijk Alternatief. Dit komt doordat in de forfaitaire scenario's er meer stenen verloren gaan bij einde levensduur, en er meer nieuwe stenen aangevoerd dienen te worden.

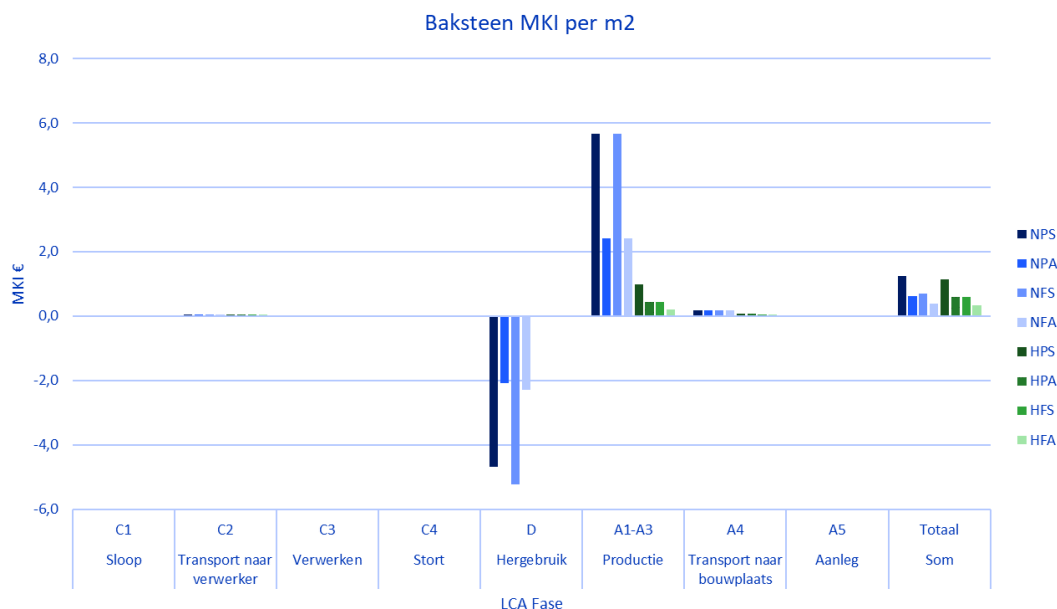


Figuur 6.6: GWP per m¹ van de trottoirband

De GWP resultaten van de trottoirband in figuur 6.6 laten een vergelijkbare trend zien met die van de MKI. Ook hier geldt dat de impact van de basische activator in de alternatieve trottoirband niet naar voren komt in de GPW indicator.

6.2 Gebakken producten

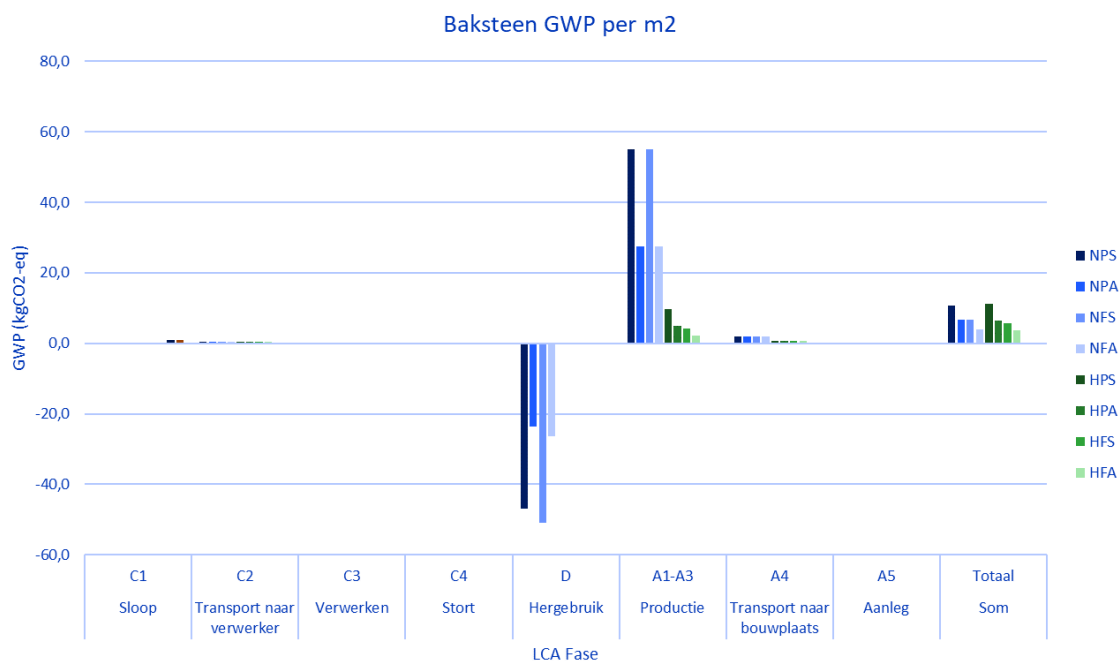
In figuur 6.7 en figuur 6.8 zijn de LCA resultaten van de gebakken producten uitgedrukt in MKI en GWP.



Figuur 6.7: MKI per m² van de baksteen

Uit figuur 6.7 blijkt dat het zwaartepunt van de MKI in de productiefase (A1-A3) en de hergebruikfase (D) ligt. Deze zijn dermate hoog dat de MKI in de andere fases bijna niet meer zichtbaar is. Uit de LCA van ZOAK (geproduceerd in China) blijkt dat de MKI van de transportfase A4 (transport van China naar de bouwplaats in Nederland) 59% van de totale MKI-waarde belast (Ecochain, 2021). In deze studie is de aanname gedaan dat de productie in Nederland plaatsvindt. Deze aanname heeft significante impact op de LCA-resultaten door de aanpassing van de transportafstand naar de bouwplaats.

De verschillen tussen de hergebruik nieuw scenario's worden voornamelijk veroorzaakt door de transportafstand naar de bouwplaats die lager ligt voor de hergebruikte stenen.



Figuur 6.8: GWP per m² van de baksteen

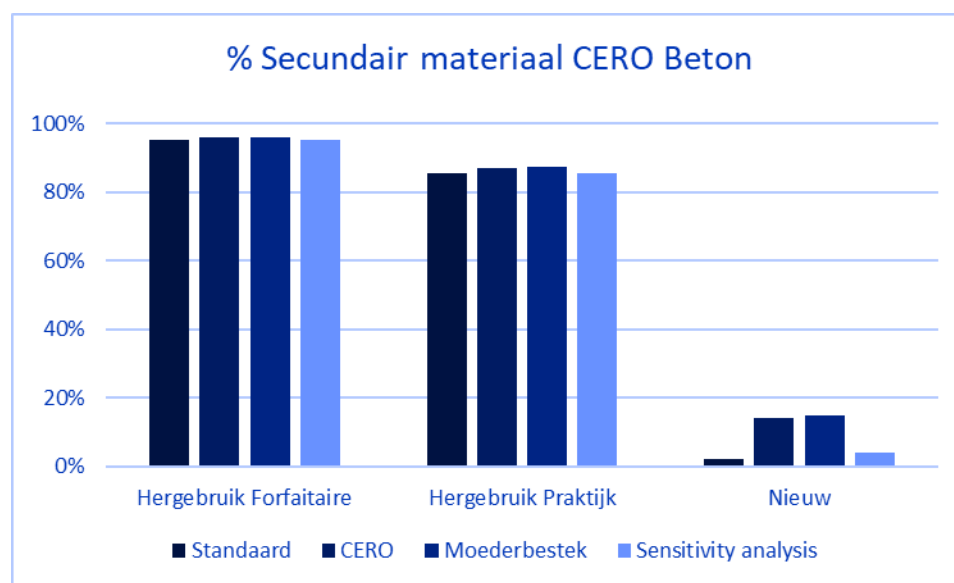
De GWP resultaten uit figuur 6.8 wijken bijna niet af van de MKI resultaten uit figuur 6.7. Ook hier ligt het zwaartepunt in de productiefase A1-A3. Hierdoor heeft de rest van de levenscyclus in verhouding minder effect op de onderlinge verschillen.

7 Content secundair materiaal

Er is een beschouwing gedaan naar de content secundair materiaal. Hierin wordt gekeken naar het % secundair materiaal van het standaard product, het alternatieve product, het moederbestek (waarin is uitgegaan van 15% secundair materiaal), en een gevoeligheidsanalyse (waarin is uitgegaan van 4% secundair materiaal). Voor het hergebruik scenario wordt het forfaitaire einde levensduur uitgangspunt en het eindelevensduur uitgangspunt uit de praktijkervaring meegenomen om de content secundair materiaal te bepalen. Voor het nieuwe scenario is dit niet relevant aangezien hier volledig nieuwe materialen worden aangelegd.

7.1 CERO beton

In de TNO rapportage Proeftuin geopolymeren: projectrapportage pilot Gemeente Amsterdam, is een LCA opgesteld van het CERO beton product (TNO, 2021), en van een traditionele variant. In dit LCA rapport staan ook uitgangspunten wat betreft het aandeel secundair materiaal voor beide varianten. Deze uitgangspunten zijn gebruikt voor de circulariteitsberekening. De resultaten van het aandeel secundair materiaal staan in de onderstaande figuur (figuur 7.1).



Figuur 7.1: Percentage secundair materiaal CERO Beton

Voor 'Hergebruik Forfaitaire' geldt voor zowel de standaard steen als de CERO steen dat deze nagenoeg gelijk is, aangezien in beide scenario's al minimaal 95% secundair materiaal wordt gebruikt. De CERO steen scoort net wat beter met een totaal van 95,7% secundair materiaal, dan de standaard steen met 95,1% primair materiaal.

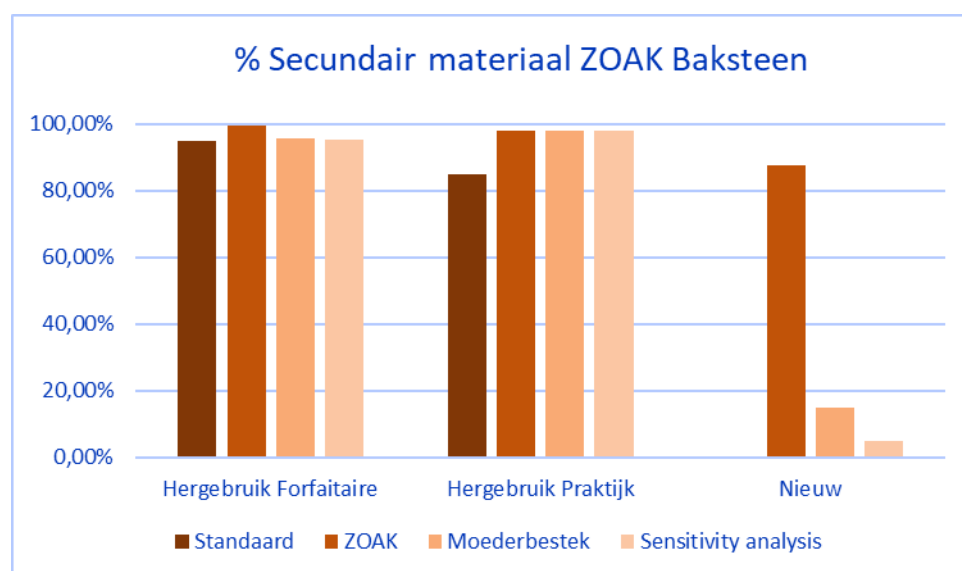
Voor 'Hergebruik Praktijk' geldt voor zowel de standaard steen als de CERO steen dat het aandeel secundair materiaal vrij hoog is, aangezien in beide scenario's al minimaal 85%

secundair materiaal wordt gebruikt. De CERO steen scoort net wat beter met een totaal van 87,1% secundair materiaal, dan de standaard steen met 85,3% secundair materiaal.

In het scenario waarin alleen nieuwe stenen worden toegepast, zit een groter verschil. In de standaard steen zit namelijk 2% secundair materiaal, en in de CERO steen zit 14% secundair materiaal.

7.2 ZOAK

Voor de ZOAK Baksteen zijn de uitgangspunten gebruikt uit de LCA van de ZOAK Baksteen opgesteld door Ecochain (Ecochain, 2021). In deze rapportage wordt de samenstelling van het product uitgelicht, en daaruit blijkt hoeveel massa (kg) product er als secundaire grondstof wordt gezien. In de onderstaande figuur (figuur 7.2) staan de resultaten van de analyse.



Figuur 7.2: Percentage secundair materiaal ZOAK Baksteen

Het scenario '*Hergebruik Forfaitaire*' is voor zowel de standaard steen als voor de ZOAK steen erg hoog. De ZOAK steen scoort net wat beter met een totaal van 99,37% secundair materiaal, dan de standaard steen met 95% secundair materiaal. Er wordt vanuit gegaan dat in de standaard variant geen secundair materiaal gebruikt wordt.

Het scenario '*Hergebruik Praktijk*' is voor zowel de standaard steen als de ZOAK steen erg hoog. De ZOAK steen scoort net wat beter met een totaal van 98,12% secundair materiaal, dan de standaard steen met 85% secundair materiaal. Er wordt vanuit gegaan dat in de standaard variant geen secundair materiaal gebruikt wordt.

In het scenario waarin alleen nieuwe stenen worden toegepast, zit een groter verschil. Het uitgangspunt is dat de standaard variant namelijk een totaal van 0% secundair materiaal, en de ZOAK steen een totaal van 87% secundair materiaal heeft.

8 Discussie

Het doel van het onderzoek was een vergelijking van de milieuprestatie te maken tussen twee scenario's van bestratingsproducten: Nieuw en Hergebruik. Er zijn daarom in dit LCA-onderzoek andere systeemgrenzen aangehouden dan wanneer een LCA-onderzoek uitgevoerd wordt voor bijvoorbeeld een product dat opgenomen wordt in de NMD. De resultaten zijn daarom niet geschikt om met andere producten te vergelijken die niet in deze studie zijn berekend.

Door de aanpassing van de systeemgrenzen, is het einde levensduurfase van de vorige cyclus meegenomen in de berekening, en is er gemodelleerd tot aan de einde levensduurfase van het nieuwe productsysteem. Voor deze scenario-berekening is dat logisch om te doen. Daarbij speelt de aanname dat de vorige producten uit primaire grondstoffen bestaan een belangrijke rol. Indien deze producten uit secundaire materialen hadden bestaan, zouden er geen baten zijn in module D voor de producten die vrijkomen. In dit onderzoek is er dus wel vanuit gegaan dat het primaire grondstoffen zouden betreffen. Het gevolg hiervan is dat in de scenario's met nieuwe producten, er dus producten overblijven die ergens anders ingezet kunnen worden. Het gaat hier om primaire grondstoffen, dus wordt de productie van primaire producten uitgespaard en als baat gerekend worden in module D.

Wanneer bij de sloop secundaire producten zouden vrijkomen, zou er dus geen baten zijn in module D, ook niet in het scenario waarbij nieuwe producten worden gebruikt. In dat geval zou het logischer zijn geweest een productvergelijking te maken tussen nieuwe producten en hergebruikte producten. Dan zou in de scenario's met nieuwe producten de productie een hoge impact hebben, maar zou aan het einde van de levensduur de baten ook hoog zijn, omdat primaire producten uitgespaard kunnen worden. Dit zou niet van toepassing zijn voor de scenario's met hergebruikt, omdat van uitgespaarde secundaire materialen geen baten gerekend mogen worden. Daar staat dan tegenover dat in die scenario's de impact in modules A1 t/ A3 laag is.

Voor ZOAK is in deze studie de aanname gemaakt dat het product al in Nederland geproduceerd wordt, terwijl dat tot nu toe nog niet het geval is. De producten worden op dit moment nog in China geproduceerd en naar Nederland getransporteerd. Uit de LCA van ZOAK (geproduceerd in China) blijkt dat de MKI van de transportfase A4 (transport van China naar de bouwplaats in Nederland) 59% van de totale MKI-waarde belast. Deze aanname heeft significante impact de LCA-resultaten door de aanpassing van de transportafstand naar de bouwplaats.

Voor het einde van de levensduur is er in deze studie een vergelijk gemaakt tussen het forfaitaire afvalscenario uit de Bepalingsmethode en de praktijksituatie gebaseerd op de ervaring die is opgedaan in Amsterdam door de aannemer Markus-Veecken. De forfaitaire afvalscenario's zouden een afspiegeling moeten zijn van de huidige gangbare praktijk. In de Bepalingsmethode staat:

“Als uitzondering op de regel van actualiteit, mag voor het verwerkingsscenario einde leven worden uitgegaan van een toekomstscenario indien aan de hardheidsclausule wordt voldaan dat er een aantoonbaar werkend (retour)systeem zal zijn op het moment van verwerking einde leven.”

Om af te wijken van een forfaitair afvalscenario, dient middels een aantal criteria aannemelijk gemaakt te worden dat een toekomstig afvalscenario beter is dan de huidige praktijk.

In het geval van dit onderzoek is de praktijkervaring dat het hergebruik- en recyclingspercentage lager is dan dat van het forfaitaire scenario. Vanuit de opdrachtgever is aangegeven dat de praktijksituatie een realistischer uitgangspunt is dan het forfaitaire scenario, ook in andere praktijksituaties. Het verschil tussen deze scenario's is dermate groot dat er significante verschillen in de resultaten ontstaan.

9 Conclusie

De verschillen tussen de nieuw en hergebruik scenario's zijn voornamelijk toe te schrijven aan de transportafstand in fase A4. Hergebruikte stenen worden over een kortere afstand vervoerd dan de nieuwe stenen, omdat zij op dezelfde locatie worden hergebruikt in plaats van elders. Uit de resultaten blijkt dat lokaal hergebruik duurzamer is.

Betontegel & betonstraatsteen

In het geval van de betontegel en de betonstraatsteen heeft het Hergebruik Forfaitaire Alternatief scenario zowel de laagste MKI als GWP. Het Nieuw Praktijk Standaard scenario's heeft de hoogste MKI en GWP. Wanneer er alleen op MKI gelet wordt geldt dat alle hergebruik scenario's beter uitkomen dan de nieuwe scenario's. Als er alleen naar GWP wordt gekeken dan komt het Hergebruik Praktijk Standaard scenario hoger uit dan het Nieuw Forfaitaire Alternatief en Nieuw Praktijk Alternatief scenario.

Trottoirband

In het geval van de trottoirband heeft het Hergebruik Praktijk Alternatief scenario over alle fases de laagste MKI en GWP. Het Nieuw Forfaitaire Standaard scenario komt het hoogste uit voor zowel de MKI en de GWP. Hierin is voornamelijk het hergebruik percentage doorslaggevend.

Baksteen

Het scenario Hergebruik Forfaitaire Alternatief heeft over alle fases de laagste milieu-impact, en het Nieuw Praktijk Standaard scenario de hoogste.

10 Referenties

- Ecochain. (2021). *LCA achtergrond rapportage Zeer open Asphalt Klinker (ZOAK)*. Ecochain.
- Stichting Nationale Milieudatabase. (2022). *Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1*.
- TNO. (2021). *Proeftuin geopolymeren: projectrapportage pilot Gemeente Amsterdam (R12402)*. Delft: TNO.

11 Ondertekening

TNO › EMT Energy and Materials Transition › Utrecht, 24 augustus 2023

Gerard van der Laan
Research Manager

Mark van Ommen
Reviewer

Alix Reichenecker
Project Manager

Bijlage A - Input aanleg en sloop fase per verhardingstype

A.1 Betontegel

Tabel 11.1: Betontegel - Input data model

Activiteit	Aandeel volgens NMD	Aandeel volgens praktijk
Hergebruik	95%	85%

Tabel 11.2: Betontegel - Hergebruik scenario

Activiteiten	Machine	EURO/ STAGE	Transport- afstand (km)	Productie (m2/dag) (dag=8uur)	Verbruik per dag (l)	Diesel verbruik (l) per m2	Energieverbru ik (kwh) per m2
Opbreken en Sorteren op pallet	Hydraulische graafmachine wielbasis 1000L+ vacuüm unit	5		200	80	0,4	-
Transporteren naar depot in Havengebied West of Reinigen en selecteren nabijgelegen hub	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Reinigen	Reinigings-machine			1000	50	0,05	-
Transport her te gebruiken materialen nieuwe locatie	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Transport nieuw aan te brengen materiaal 8%	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	85			-	-
Machinaal (elektrisch) straten	Straatmakker			90	8,4	-	0,093333333

Tabel 11.3: Betontegel - Nieuw scenario

Activiteiten	Machine	EURO/ STAGE	Trans- port- afstand (km)	Productie (m2/dag) (dag=8uur)	Verbruik per dag	Diesel verbruik (l) per m2	Energie verbruik (kwh) per m2
Opbreken	Hydraulische graafmachine wielbasis 1000L+ vacuüm unit	5		200	80	0,4	-
Afvoeren oude bestratings-materialen	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Aanvoeren nieuw meest duurzame bestratings-product (bv. Biobound, Cero enz.)	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	85			-	-
Machinaal (elektrisch) straten	Straatmaker			90	8,4	-	0,093333333

A.2 Betonstraatsteen

Tabel 11.4: Betonstraatsteen - Input data model

Activiteit	Aandeel volgens NMD	Aandeel volgens praktijk
Hergebruik	95%	85%

Tabel 11.5: Betonstraatsteen - Hergebruik scenario

Activiteiten	Machine	EURO/ STAGE	Transport afstand (km)	Productie (m2/dag) (dag=8uur)	Verbruik per dag	Diesel verbruik (l) per m2	Energie verbruik (kwh) per m2
Opbreken	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel)	5		250	26,6	-	0,1064
Sorteren op pallet	Handmatig					-	-
Transporteren naar depot in Havengebied West of Reinigen en selecteren nabijgelegen hub	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Reinigen	Reinigingsmachine			1000	50	0,05	-
Transport her te gebruiken materialen nieuwe locatie	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Transport nieuw aan te brengen materiaal 8%	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	85				

Tabel 11.6: Betonstraatsteen - Nieuw scenario

Activiteiten	Machine	EURO/ STAGE	Transport afstand (km)	Productie (m ² /dag) (dag=8uur)	Verbruik per dag	Diesel verbruik (l) per m ²	Energieverbruik (kwh) per m ²
Opbreken	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel)	5		250	26,6	-	0,1064
Afvoeren oude bestratingsmaterialen	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Aanvoeren nieuw meest duurzame bestratingsproduct (bv. Biobound, Cero enz.)	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	85			-	-
Machinaal (elektrisch) straten	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel) + klem			120	26,6	-	0,221666667

A.3 Trottoirband

Tabel 11.7: Trottoirband - Input data model

Activiteit	Aandeel volgens NMD	Aandeel volgens praktijk
Hergebruik	50%	85%

Tabel 11.8: Trottoirband - Hergebruik scenario

Activiteiten	Machine	EURO/ STAGE	Transpor tafstand (km)	Productie (m1/dag) (dag=8uur)	Verbruik per dag	Diesel verbruik (l) per m1	Energieverbru ik (kwh) per m1
Opbreken en Sorteren op pallet	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel)	5		200	26,6	-	0,133
Transporteren naar depot in Havengebied West of Reinigen en selecteren nabijgelegen hub	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Reinigen	Reinigings- machine			1000	50	0,05	-
Transport her te gebruiken materialen nieuwe locatie	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Transport nieuw aan te brengen materiaal 8%	Lichte vracht- wagen categorie N2	6	85				
Machinaal (elektrisch) straten	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel) + klem			120	26,6	-	0,221666667

Tabel 11.9: Trottoirband - Nieuw scenario

Activiteiten	Machine	EURO/ STAGE	Transport afstand (km)	Productie (m1/dag) (dag =8uur)	Verbruik per dag	Diesel verbruik (l) per m1	Energieverbruik (kwh) per m1
Opbreken	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel)	5		250	26,6	-	0,1064
Afvoeren oude bestratingsmaterial en	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Aanvoeren nieuw meest duurzame bestratingsproduct (bv. Biobound, Cero enz.)	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	85			-	-
Machinaal (elektrisch) straten	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel) + klem			120	26,6	-	0,221666667

A.4 Baksteen

Tabel 11.10: Baksteen - Input data model

Activiteit	Aandeel volgens NMD	Aandeel volgens praktijk
Hergebruik	95%	85%

Tabel 11.11: Baksteen - Hergebruik scenario

Activiteiten	Machine	EURO/ STAGE	Transport afstand (km)	Productie (m2/dag) (dag =8uur)	Verbruik per dag	Diesel verbruik (l) per m2	Energieverbruik (kwh) per m2
Opbreken	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel)	5		250	26,6	-	0,1064
Sorteren op pallet	Handmatig					-	-
Transporteren naar depot in Havengebied West of Reinigen en selecteren nabijgelegen hub	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Reinigen	Reinigings- machine			1000	50	0,05	-
Transport her te gebruiken materialen nieuwe locatie	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Transport nieuw aan te brengen materiaal 8%	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	85				
Machinaal (elektrisch) straten	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel) + klem			120	26,6	-	0,221666667

Tabel 11.12: Baksteen - Nieuw scenario

Activiteiten	Machine	EURO /STAGE	Transport afstand (km)	Productie (m2/dag) (dag =8uur)	Verbruik per dag	Diesel verbruik (l) per m2	Energieverbruik (kwh) per m2
Opbreken	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel)	5		250	26,6	-	0,1064
Afvoeren oude bestratings materialen	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	23			-	-
Aanvoeren nieuw meest duurzame bestratingsproduct (bv. Biobound, Cero enz.)	Lichte vrachtwagen categorie N2	6	85			-	-
Machinaal (elektrisch) straten	Giant G2200E X-tra (elektrische shovel) + klem			120	26,6	-	0,221666667

Energy & Materials Transition

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
www.tno.nl