



Het Nieuwe Normaal

Het Nieuwe Normaal 1.0

Onderbouwing Het Nieuwe Normaal



Inhoudsopgave

0. Inleiding

Thema: Milieu-impact

1. Milieuprestatie Gebouw (MPG) & Milieukostenindicator (MKI)
2. Materiaalgebonden CO₂-uitstoot
3. Materiaalgebonden CO₂-opslag

Thema: Materiaalgebruik

4. Herkomst materialen
5. Gezonde materialen
6. Omgang restmateriaal bouw & sloop

Thema: Waardebehoud

7. Adaptief vermogen
8. Losmaakbaarheid
9. Hergebruikpotentie

Publicatie

December 2023

Auteurs

Tomas Peeters, MSc	Copper8
Prof. Dr. Ir. Hans Wamelink	TU Delft - Management in the Built Environment
Ir. Noor Huitema	Copper8
Laurèl de Gier, BSc	TU Delft - Management in the Built Environment

Data-analyse prestatieniveaus

Tomas Peeters, MSc	Copper8
Tessa Verhulst, MSc	Alba Concepts
Bas Roelofs, MSc	Witteveen+Bos
Sander van Gemert, MSc	Alba Concepts
Jip Beijers, MSc	Alba Concepts

Hoofdstuk 0. Introductie

De leidraden van Het Nieuwe Normaal Gebouw en Het Nieuwe Normaal Infra¹ presenteren de raamwerken met indicatoren, meet- en bepalingsmethodieken en prestatieniveaus. Hiermee kunnen opdrachtgevers en opdrachtnemers in de Nederlandse bouwsector aan de slag om Circulair Bouwen te realiseren. In deze onderbouwing wordt beschreven hoe de indicatoren en de prestatieniveaus tot stand zijn gekomen en wat over deze indicatoren wordt geschreven in (wetenschappelijke) literatuur.

Totstandkoming

In 2019 hebben enkele opdrachtgevers en opdrachtnemers in de bouw, als deelnemers in de netwerkorganisatie Cirkelstad, het initiatief genomen een project te starten met als doel door middel van projectevaluaties ervaringen te verzamelen van een groot aantal circulaire bouwprojecten in de bouw en infra. Het streven was om deze ervaringen onderling te delen en daaruit lessen voor de toekomst te trekken, met als uiteindelijk doel het bevorderen van de implementatie van circulariteit in de gebouwde omgeving. Deze lessen betroffen zowel geconstateerde barrières bij de implementatie van circulariteit als suggesties om deze implementatie te versnellen.

De projectevaluaties werden uitgevoerd door adviseurs van betrokken ingenieurs- en adviesbureaus (voor een overzicht wordt de lezer verwezen naar de leidraden). Ter voorbereiding op de evaluatie ontvingen de opdrachtgevers en opdrachtnemers van een te evalueren project een geautomatiseerde vragenlijst. De vragenlijst bestond uit vragen over diverse kwalitatieve aspecten met betrekking tot circulariteit (ervaring, aansturing, organisatie, ambities, barrières, etc.) en vragen om kwantitatieve gegevens van een groot aantal circulaire indicatoren aan te leveren. Met andere woorden, de projectevaluaties hebben geleid tot zowel kwalitatieve als kwantitatieve inzichten. De kwantitatieve gegevens zijn binnen het projectteam beoordeeld en besproken in het licht van de vraag:

Wat is een haalbare en tegelijkertijd ambitieuze waarde voor de verschillende indicatoren?

Het eindresultaat hiervan is Het Nieuwe Normaal (HNN) waarover wordt gerapporteerd in de [Leidraad HNN Gebouw versie 1.0](#) en de [Leidraad HNN Infra versie 1.0](#).

Doorontwikkeling Het Nieuwe Normaal

De onderbouwing van Het Nieuwe Normaal blijft in ontwikkeling. Dit doen we sowieso vanuit onszelf. We blijven projecten evalueren en *challenges* uitzetten voor aanvullend onderzoek naar de indicatoren en prestatieniveaus binnen het HNN raamwerk. Tegelijkertijd nodigen we ook iedereen uit de sector uit om feedback te leveren op zowel de onderbouwing als op de leidraden. Eenmaal per jaar vindt een herijking plaats op basis van hetgeen binnengekomen is. Aan het einde van elk jaar wordt vervolgens de nieuwe versie van Het Nieuwe Normaal bekend gemaakt met de aangepaste onderbouwing.

Heb je vragen, opmerkingen en/of aanvullingen? Stuur deze per mail naar info@hetnieuwenormaal.nl

Het Nieuwe Normaal als standaard voor Circulair Bouwen

Het Nieuwe Normaal is een nieuwe, gedragen standaard met haalbare én ambitieuze prestaties op circulair bouwen. Deze nieuwe, gedragen standaard draagt op twee manieren bij aan de versnelling van de transitie naar een circulaire bouweconomie:

- Een eenduidige taal op circulair bouwen: wanneer we spreken over 'circulair bouwen' gaat het om de combinatie van de indicatoren.
- Een haalbaar en ambitieus prestatieniveau op de verschillende indicatoren.

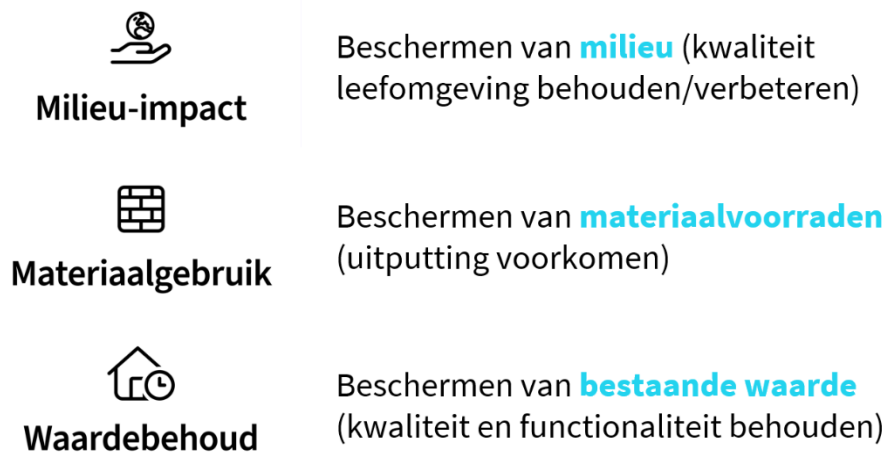
¹ HNN Gebied is de derde leidraad binnen Het Nieuwe Normaal, deze bouwt voort op HNN Gebouw door ook gebiedsontwikkeling en de publieke ruimte te beschouwen. In deze onderbouwing is HNN Gebied niet uitgewerkt.

De leidraden zijn zo opgesteld dat ze in de praktijk toe te passen zijn. Dit houdt in dat op bepaalde onderdelen vereenvoudigingen zijn voorgesteld in vergelijking met theoretische modellen uit de literatuur. Het doel van deze onderbouwing is om de gemaakte keuzes met betrekking tot deze vereenvoudigingen op een zo transparant mogelijke wijze uit te leggen en toe te lichten.

Een onderdeel hiervan is een analyse van Circulair Bouwen in het algemeen, met specifieke aandacht voor de indicatoren, gebaseerd op recente literatuur. Dit heeft als doel om de gemaakte keuzes met betrekking tot de HNN-indicatoren te onderbouwen en tegelijkertijd te plaatsen in een context met eventuele kanttekeningen.

Doelen van Circulair Bouwen

Platform CB'23 (2022) beschrijft de doelen van Circulair Bouwen als het beschermen van: materiaalvoorraden, milieu, en bestaande waarde. Deze zijn weergegeven in figuur 1. HNN gebruikt deze doelen als de drie thema's waarbinnen de negen indicatoren van HNN Gebouw en de tien indicatoren van HNN Infra zijn gedefinieerd. Het thema **Milieu-impact** omvat de indicatoren die het milieu beschermen, het thema **Materiaalgebruik** omhelst de indicatoren die de materiaalvoorraden beschermen en uitputting voorkomen, en het thema **Waardebehoud** bevat de indicatoren die ervoor zorgen dat datgene wat we nu nieuw bouwen in de toekomst zijn waarde, kwaliteit en functionaliteit zal behouden.



Figuur 1 | De drie doelen van Circulair Bouwen (Platform CB'23, 2022)

Conceptueel diagram Circulair Bouwproces

Om inzicht te verkrijgen in de materiaalstromen en de invloed van deze stromen op de eerdergenoemde doelen van circulariteit, wordt in veel publicaties een procesmodel geschetst. Dit model bevat zowel invoer- als uitvoerstromen van verschillende soorten materialen. De Ellen MacArthur Foundation (2015) heeft hier, onder andere, pionierswerk in verricht. Anderen hebben vergelijkbare modellen beschreven, vaak voortbouwend op het werk van de Ellen MacArthur Foundation (2015), zoals bijvoorbeeld Platform CB'23 (2022).

Daarnaast moet worden opgemerkt dat het ruimere begrip duurzaamheid al eerder ingang vond, ook in de normalisatiewereld. De norm NEN-EN 15978:2011 'Duurzaamheid van constructies - Beoordeling van milieuprestaties van gebouwen - Rekenmethode' verscheen in 2011 en omvatte een rekenmethode gebaseerd op de *Life Cycle Assessment* (LCA)-methode, waarin de verschillende fasen in de levenscyclus van een gebouw werden weergegeven (zie hoofdstuk **Milieuprestatie Gebouw (MPG) & Milieukostenindicator (MKI)**). In Nederland is de voorgeschreven Europese norm overgenomen door de Stichting Nationale Milieudatabase en geïntegreerd in de MPG-methodiek (NMD 2022).

In figuur 6 is een combinatie gemaakt van de fasering van de levenscyclus van het object uit de NEN-EN 15978 en de eerdergenoemde modellen van materiaalstromen (vrij naar Khadim 2023). Het illustreert de verschillende materiaalstromen die plaatsvinden. Binnen het circulaire gedachtegoed genieten specifieke stromen de voorkeur boven anderen: bijvoorbeeld het toepassen van primaire hernieuwbare materialen gaat boven het toepassen van primaire niet-hernieuwbare materialen.

In relatie tot de doelen van circulair bouwen gaat het meten van circulariteit in de bouw om:

- Het beschermen van materiaalvoorraden door de massa van verschillende typen in- en uitgaande materiaalstromen te meten. Zie de materiaalstromen richting fases A1 – A3² en terug vanuit fases C1 – C4 in figuur 6.
- Het beschermen van milieu door de milieu-impact van de materiaalstromen en de processen te meten. Zie over de hele breedte van het diagram, van fases A1 – A3 t/m C1 – C4 in figuur 6;
- Het beschermen van het bestaande door aspecten te meten die toekomstig waardebehoud waarborgen. Zie levensduurverlenging tijdens fase B en toekomstige materiaalstromen richting hergebruik, recycling of verbranding/stort in figuur 6.

Het meten van circulariteit

In de *Leidraad Meten van Circulariteit* (Platform CB'23, 2022) zijn voor de circulariteitsdoelen, zes indicatoren voorgeschreven om van een bouwwerk de mate van circulariteit te bepalen. Deze zes indicatoren zijn voor een deel weer onderverdeeld in sub-indicatoren. De indicatoren van Platform CB'23 zijn expliciet niet samengevat in één getal, omdat de individuele indicatoren samen een totaaloverzicht bieden op detailniveau. Platform CB'23 geeft hierbij aan dat deze indicatoren en de bijbehorende meetmethodes niet eenvoudig in de praktijk te implementeren zijn. Deze meetmethodes zijn daarom niet direct toe te passen in bijvoorbeeld aanbestedingsprocessen.

Bovenstaande illustreert dat het meten van circulariteit in de bouwsector niet gemakkelijk is en vaak ook niet eenduidig. Dit wordt bevestigd in recente literatuur, zoals een review van Khadim (2022). In zijn review heeft hij 35 verschillende indicatoren opgenomen, die variëren qua levensfase (bestaand of nieuwbouw), type gebouw (woongebouw, utiliteitsbouw, historisch), en de schaal waarop gemeten wordt (materiaal-, product- of gebouwniveau). Zie tabel 1 voor een opsomming van deze indicatoren. Ook laat deze review zien dat Nederland relatief veel bezig is met het ontwikkelen van indicatoren vergeleken met andere landen, met 21 artikelen die betrekking hebben op de Nederlandse praktijk versus 30 artikelen van de overige 14 landen (Khadim, 2022). In Europees verband is het Level(s) raamwerk een belangrijke ontwikkeling (Europese Commissie, 2021). In hoeverre de indicatoren van HNN hierop aansluiten is beschreven in het paper [Samenhang HNN-Level\(s\)](#)³.

Opmerkelijk is dat in dergelijke overzichtsliteratuur ook vaak verwezen wordt naar niet-wetenschappelijke publicaties waarin de verschillende indicatoren beschreven zijn. Dit bevestigt het beeld dat veel theorieontwikkeling met betrekking tot het meten van circulariteit eerder in de praktijk plaatsvindt dan in de wetenschap. Wetenschappers richten zich vaak op één specifiek aspect of methode, waarbij het integrale beeld van circulariteit lastig in indicatoren te vangen is.

In de wetenschappelijke literatuur bestaat nog geen consensus over de definitie en reikwijdte van alle circulaire indicatoren. Veel publicaties beschrijven een subset van mogelijke indicatoren, inclusief de bijbehorende kanttekeningen. Helaas belemmert dit het standaardisatieproces. Bij het opstellen van HNN is getracht om een pragmatische aanpak te hanteren. De consequentie hiervan is echter dat het niet op alle punten volledig onderbouwd is door wetenschappelijke literatuur.

De eerdergenoemde review van Khadim (2022) concludeert dat de meeste indicatoren gericht zijn op materiaalstromen, en dat daarnaast losmaakbaarheid, adaptief vermogen en hergebruik vaak worden gehanteerd als indicator. Tegelijkertijd is er sprake van bewustwording onder partijen in de bouwsector dat circulariteit opgepakt moet worden om tot verduurzaming te komen. De indicatoren zijn echter nu nog niet volwassen genoeg. Hierdoor is het vertrouwen in de indicatoren onder bouwpartijen en beleidsmakers op dit moment beperkt. Het is de bedoeling van HNN om door een overzichtelijke set van indicatoren en onderliggende meetmethodes bij te dragen aan het creëren van vertrouwen, en de genoemde barrière te slechten.

² Fases A1 – A3, A4 – A5, B & C1 – C4 verwijzen naar de fases in de levenscyclusanalyse (LCA) methodiek

³ Beschikbaar op hetnieuwenormaal.nl/verdieping/

Tabel 1 | Circulariteitsindicatoren, geïnventariseerd door Khadim (2022)

Acroniem	Methode	Sector	Gepubliceerd door	Van toepassing op
Level(s)	Level(s)	Overheid	Europese Commissie	Woon- en kantoorgebouwen
BCI	Building Circularity Indicator	Academisch, adviesbureau	Universiteit Twente	Alle type gebouwen, funderingen en bruggen
BCIDR	Building Circularity Indicator (Disassembly Reconsidered)	-	Technische Universiteit Eindhoven	
BBCA	BIM Based Building Circularity Assessment	-	-	
MAC	Modified Alba Concept (For foundations)	-	Technische Universiteit Delft	
ACBCI	Alba Concepts BCI	-	Alba Concepts	
MBCI	Modified Building Circularity Indicator	-	Resources, Conservation and Recycling	
PBCI	Predictive Building Circularity Model	-	-	
CIPB	Circularity Indicator for Pedestrian Bridges	-	International Winter Conferences 2020, Tignes, Frankrijk	
ARCHCEIF	ARCH Circular Environmental Indicator Framework	Academisch	Environmental Sciences Europe	Bestaande ARCH gebouwen
MAD-CI	MADASTER Circularity Indicator	Adviesbureau	MADASTER	Alle type gebouwen
FLEX	FLEX (Ver 1.0, 2.0, 3.0 & 4.0)	Academisch	Technische Universiteit Delft	Algemene-, kantoor- en schoolgebouwen
MCI	Material Circularity Indicator	Adviesbureau, goed doel	Ellen MacArthur Foundation / Granta Design	Materialen
CEMS	Circular Economy Measurement Scale	Academisch	Sustainability (Zwitserland)	Bouwbedrijven
CES	Circular Economy Scale	Academisch	Journal of EU Research in Business	
CBMCI	Circular Business Models (CBM) Based Circularity Indicator	Academisch	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	Alle type gebouwen
MCI	Material Circularity Indicator for Construction	Academisch	Universiteit Twente	Bouwproducten
IEPC	Integrated Energy Performance and Circularity	Academisch	Technische Universiteit Delft	Nieuwe gebouwen
BBWPE	BIM-based Whole-life Performance Estimator (BWPE)	Academisch	Resources, Conservation and Recycling	Draagconstructies
BCAF	Bridge Circularity Assessment Framework	Academisch	Journal of Industrial Ecology	Bruggen
SEEI	Synthetic Economic Environmental Indicator	Academisch	Buildings	Bestaande gebouwen
GEOLMI	Gypsum End of Life Measurement Indicator	Academisch	Waste and Biomass Valorization	Materiaal (gips)
RIPAT 1.0	RIPAT 1.0	Academisch	Arquitetura Revista	Historisch erfgoed
FCB	Framework for Circular Buildings	Adviesbureau	Circle-economy.com	Alle type gebouwen
PCB	Platform CB' 23	Adviesbureau	Platform CB'23	Alle type gebouwen
CC	Circularity Calculator	Adviesbureau	IDEAL & CO Explore	Generiek
CBAP	Circular Building Assessment Prototype	EU project	BAMB, Europese Unie Horizon 2020	Alle type gebouwen
C-CALC	C-CALC	Adviesbureau	CENERGIE	Alle type gebouwen
Cirulytics	Cirulytics	Goed doel	Ellen MacArthur Foundation	Bedrijven
CACE	Circular Assessment Criteria for Envelope	Academisch	Sustainable Cities and Society	Bouwenvelop
CCEF	Circular Construction Evaluation Framework	Academisch	Journal of Cleaner Production	Alle type gebouwen

Raamwerk Het Nieuwe Normaal

Het Nieuwe Normaal is een praktische uitwerking van de doelen van Circulair Bouwen zoals die door Platform CB'23 (2022) zijn gedefinieerd. De HNN-indicatoren zijn opgenomen in een raamwerk verdeeld over drie thema's, met in totaal negen indicatoren voor HNN Gebouw (zie figuur 2) en tien indicatoren voor HNN Infra (zie figuur 3). Deze zijn gepresenteerd in de [Leidraad HNN Gebouw versie 1.0](#) en [Leidraad HNN Infra versie 1.0](#).

 Milieu-impact	1.1 Milieuprestatie Gebouw (MPG)	1.2 Materiaalgebonden CO ₂ -uitstoot	1.3 Materiaalgebonden CO ₂ -opslag
 Materiaalgebruik	1.4 Herkomst Materialen	1.5 Gezonde materialen	1.6 Omgang restmateriaal bouw
 Waardebehoud	1.7 Adaptief vermogen	1.8 Losmaakbaarheid	1.9 Hergebruikpotentie

Figuur 2 | Raamwerk HNN Gebouw

 Milieu-impact	1.1 Milieu- en klimaatimpact	1.2 Materiaalgebonden CO ₂ -uitstoot	1.3 Materiaalgebonden CO ₂ -opslag	
 Materiaalgebruik	1.4 Herkomst Materialen	1.5 Gezonde materialen	1.6 Omgang restmateriaal realisatie	1.7 Omgang restmateriaal sloop
 Waardebehoud	1.8 Adaptief vermogen	1.9 Losmaakbaarheid	1.10 Hergebruikpotentie	

Figuur 3 | Raamwerk HNN Infra

Categorie indicatoren

In het raamwerk zijn drie categorieën indicatoren opgenomen:

- Bij een **Standaard** is een prestatieniveau vastgesteld, waarbij de meet- of bepalingsmethode duidelijk en breed geaccepteerd is en voldoende data uit de praktijk beschikbaar zijn.
- Bij een **Indicatie** is een indicatief prestatieniveau vastgesteld, waarbij de meet- of bepalingsmethode nog niet breed geaccepteerd is of nog in ontwikkeling is en niet voldoende data uit de praktijk beschikbaar is.
- Bij **Begrip** gaat het om kwantitatieve of kwalitatieve inzichten in de prestatie, waarbij er nog géén gedragen meet- of bepalingsmethode is. Hierbij staat het leren en vertrouwd raken met het onderwerp centraal, waarbij we een indicator mogelijk door ontwikkelen in een volgende versie van HNN.

Een indicator kan zich naar de toekomst toe ontwikkelen. Wanneer bijvoorbeeld een meet- of bepalingsmethode zich verder ontwikkelt en breder geaccepteerd wordt in de markt, kunnen er meer projectdata beschikbaar komen. Als gevolg daarvan kan een indicator zich van een Begrip naar een Indicatie of van een Indicatie naar een Standaard ontwikkelen.

Projectsoorten

In HNN Gebouw 1.0 wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende projectsoorten:

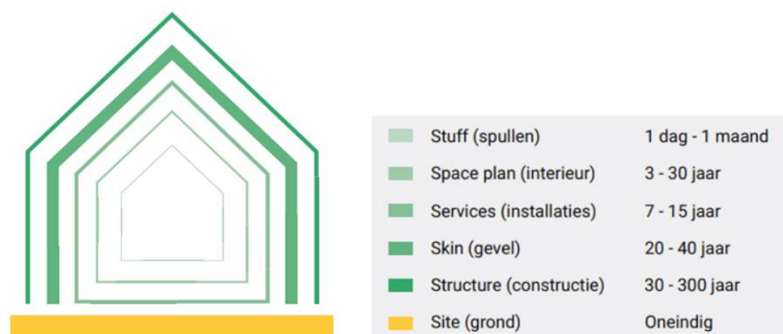
- Woningbouw: Grondgebonden
- Woningbouw: Gestapeld
- Utiliteitsbouw: Kantoren
- Utiliteitsbouw: Overig (scholen, zwembaden, etc.)

In HNN Infra 1.0 wordt onderscheid gemaakt tussen de volgende projectsoorten:

- Wegen | Hoofd- en stroomwegen (snelweg, autoweg, 100-130km/h)
- Wegen | Gebiedsontsluitingswegen (verhardingen buiten de bebouwde kom, 50-80km/h)
- Wegen | Inrichting openbare ruimte (verhardingen binnen de bebouwde kom, erftoegangswegen >50km/h)
- Kunstwerken | Beweegbare bruggen
- Kunstwerken | Vaste bruggen
- Kunstwerken | Tunnels

Denken in gebouwlagen

Gebouwen worden volgens het model Layers of Brand (1994) ingedeeld in zes lagen, zoals te zien is in figuur 4. Elke laag heeft een eigen verwachte technische én functionele levensduur. Vanwege deze variëteit in levensduur en daarmee in de frequentie van vervangingen/aanpassingen, is het waardevol om deze gebouwlagen los van elkaar te ontwerpen en te realiseren. Dit wordt nader toegelicht bij de relevante indicatoren.



Figuur 4 | Gebouwlagen van Brand (1994)

Hoe zijn de indicatoren en prestatieniveaus tot stand gekomen?

Zowel het raamwerk van de indicatoren als de bijbehorende prestatieniveaus zijn stapsgewijs tot stand gekomen. In 2020 is de eerste versie van het raamwerk opgesteld en vervolgens toegepast en getoetst bij een groot aantal projectevaluaties. Op basis van praktijkervaringen uit deze evaluaties zijn de indicatoren en de evaluatievragen aangepast om ze gemakkelijker en eenduidiger meetbaar te maken. Door deze cyclus (opstellen van het raamwerk, uitvoeren van evaluaties, aanpassen van het raamwerk, vaststellen van de prestatieniveaus) meerdere keren te doorlopen, is uiteindelijk het raamwerk 1.0 ontwikkeld.

In dit rapport is elke indicator, de daarvoor gebruikte meetmethode en de classificatie als **Standaard**, **Indicatie** of **Begrip** in een apart hoofdstuk toegelicht en onderbouwd aan de hand van de kwalitatieve uitkomsten van de uitgevoerde projectevaluaties en (deels wetenschappelijke) literatuur.

Prestatieniveaus HNN Gebouw

De prestatieniveaus van de indicatoren worden in beginsel bepaald op basis van de kwantitatieve gegevens uit de uitgevoerde projectevaluaties. Bij het opstellen van versie 1.0 bleek uiteindelijk dat de projectevaluaties te weinig gegevens leverden, met andere woorden te weinig datapunten bevatten, om deze prestatieniveaus te bepalen. Daarom is ervoor gekozen gebruik te maken van aanvullende databronnen. Dit zijn databronnen van verschillende Samen Versnellen partners én de BCI Gebouw database van Alba Concepts.

Deze laatste database bevat circulaire meetgegevens van een groot aantal bouwprojecten, waaronder de Building Circularity Index (BCI) met onderliggende prestaties op onder andere materiaalgebruik en losmaakbaarheid. De data uit de BCI Gebouw database is eigendom van de desbetreffende partijen en is daarom niet extern te delen. Daarom heeft Alba Concepts de data uit de BCI Gebouw database waar nodig omgezet naar het format van het HNN-raamwerk en deze vervolgens gecombineerd met de meetgegevens uit de uitgevoerde projectevaluaties en andere aanvullende databronnen. Alba Concepts heeft hiermee de analyse uitgevoerd die ten grondslag ligt aan de prestatieniveaus van HNN Gebouw.

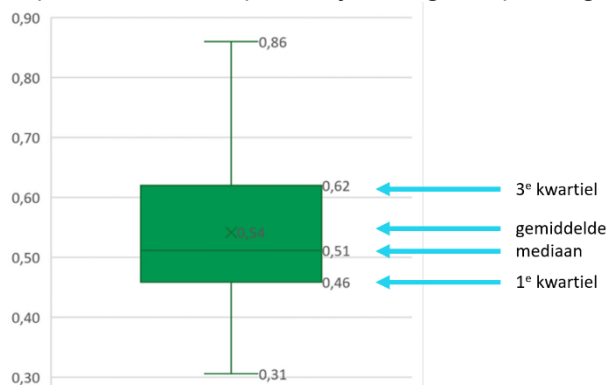
De prestatieniveaus van HNN Gebouw 1.0 zijn hiermee onderbouwd op basis van de volgende databronnen:

- Data verzameld bij projectevaluaties op basis van HNN Gebouw;
- Aanvullende databronnen vanuit Samen Versnellen partners: de Gemeente Rotterdam, Gemeente Amsterdam, Heijmans en Metabolic;
- BCI Gebouw database vanuit Alba Concepts.

In HNN Gebouw worden haalbare en tegelijkertijd ambitieuze prestatieniveaus gedefinieerd. Bij enkele indicatoren worden de gewenste prestatieniveaus weergegeven aan de hand van een boxplot, omdat de boxplot een goed inzicht geeft in de spreiding van de gegevens. De boxplot is op standaardwijze vormgegeven. Een boxplot verdeelt de beschikbare data in een gelijk aantal delen (zie figuur 5). De mediaan verdeelt de data in twee delen: aan beide kanten van de mediaan ligt dus 50% van de waarnemingen. Iedere helft kan vervolgens weer verdeeld worden. De waarneming die in het midden daarvan ligt, noemt men het 1^e respectievelijk 3^e kwartiel. Als er voldoende gegevens beschikbaar waren, is het gewenste niveau per indicator gebaseerd op het 1^e kwartiel. Verondersteld wordt dat deze waarde haalbaar en tegelijkertijd ambitieus is, omdat 25% van de geëvalueerde projecten hieraan heeft voldaan.

Bij het definiëren van de prestatieniveaus zijn de volgende criteria gehanteerd.

- Bij voldoende datapunten (meer dan 30) uit de verschillende gecombineerde databronnen is het prestatieniveau vastgesteld op het 1^e kwartiel in het geval voor de indicator een zo laag mogelijke waarde nagestreefd moet worden en het 3^e kwartiel indien een zo hoog mogelijke waarde het doel is.
- Als er alléén data uit de BCI Gebouw database beschikbaar waren, is het prestatieniveau met *expert judgment* op basis van de beschikbare BCI Gebouw data bepaald.
- Bij minder dan 30 datapunten is:
 - o Het prestatieniveau bepaald met *expert judgment* op basis van de beschikbare data.
 - o Of is er géén prestatieniveau bepaald, bij een te grote spreiding van de beschikbare data.



Figuur 5 | Voorbeeld van een boxplot voor de MPG-score met 1e kwartiel, mediaan en 3e kwartiel. Hierbij is een lager getal wenselijk, daarom wordt het prestatieniveau vastgesteld op het 1e kwartiel.

Prestatieniveaus HNN Infra

De prestatieniveaus van de indicatoren worden in beginsel bepaald op basis van de kwantitatieve gegevens uit de uitgevoerde projectevaluaties. Richting versie 1.0 bleek dat de projectevaluaties te weinig gegevens leverden, met andere woorden te weinig datapunten bevatten, om deze prestatieniveaus te bepalen. Daarom is ervoor gekozen gebruik te maken van aanvullende databronnen. Hiermee kan voor versie 1.0 een eerste inschatting gegeven worden die haalbaar is voor projecten.

De prestatieniveaus van HNN Infra 1.0 zijn onderbouwd op basis van de volgende databronnen:

- Data verzameld bij projectevaluaties
- Dashboard Duurzaam GWW;
- DuboCalc Objectenbibliotheek;
- Witteveen+Bos database van gerealiseerde bruggen.

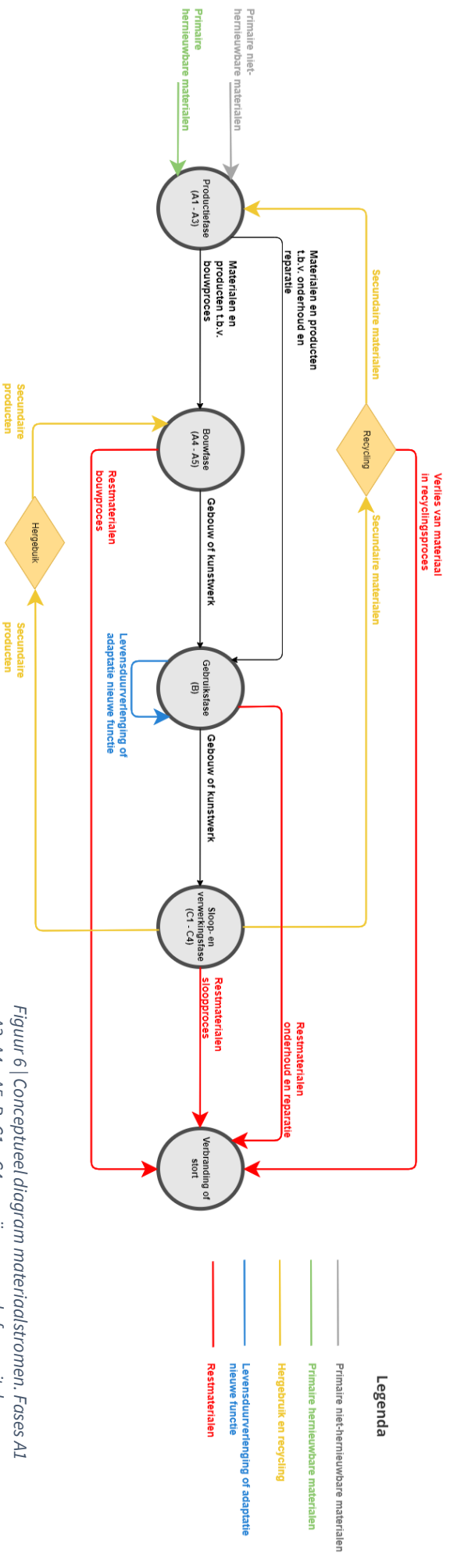
Door de beperkte beschikbaarheid van data voor de verschillende projectsoorten is het uitgangspunt voor de prestatieniveaus anders dan bij HNN Gebouw. In HNN Infra 1.0 wordt voor de indicatoren een realistisch richtgetal vastgesteld op basis van de gemiddelde score. Dit richtgetal geeft partijen in de GWW-sector gevoel voor de orde grootte van de mogelijke score op indicatoren, en daarmee houvast bij het beoordelen van de scores van eigen projecten. Hierdoor is de benadering voor het bepalen van de prestatieniveaus ook anders voor HNN Infra: Witteveen+Bos heeft de data uit de databronnen bij elkaar gebracht en het prestatieniveau bepaald op basis van de gemiddelde score per projectsoort. Door het beperkte aantal van datapunten worden deze ook niet gepresenteerd in de vorm van een boxplot, maar in een puntenwolk.

Pragmatische benadering

Met nadruk dient vermeld te worden dat de hiervoor beschreven aanpak géén wetenschappelijke onderbouwing van de indicatoren betreft en dat ook niet pretendeert te zijn. Er is een pragmatische benadering gekozen om met prestatieniveaus houvast te bieden voor partijen in de sector. Hiermee laten we zien wat er nú al mogelijk is, en agenderen we toekomstig onderzoek om de circulaire bouweconomie aan te jagen.

Bronvermelding

- Brand, S. (1994). How buildings learn: What Happens After They're Built. Viking Adult.
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). Material Circularity Indicator (MCI). <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/material-circularity-indicator>
- European Commission. (2021). Product Bureau | Circular Economy: Environmental and Waste Management. <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/home>
- Khadim, N., Agliata, R., Marino, A., Thaheem, M. J., & Mollo, L. (2022). Critical review of nano and micro-level building circularity Indicators and Frameworks. Journal of Cleaner Production, 357, 131859. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131859>
- Khadim, N., Agliata, R., Thaheem, M. J., & Mollo, L. (2023). Whole Building Circularity Indicator: A Circular Economy assessment framework for promoting circularity and sustainability in buildings and construction. Building and Environment, 241, 110498. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110498>
- Platform Circulair Bouwen. (2020). Meten van circulariteit. <https://platformcb23.nl/actieteams/archief/meten-van-circulariteit#:~:text=Leidraad%20is%20gereed,meetmethodiek%20en%20een%20verantwoordingsdocument%20opgesteld>
- Stichting Nationale Milieudatabase. (2023, 1 maart). Assessment method. NMD. <https://milieudatabase.nl/en/environmental-performance/assessment-method/>



Figuur 6 | Conceptueel diagram materiaalstromen. Fases A1 - A3, A4 - A5, B, C1 - C4 verwijzen naar de fases uit de levenscyclusanalyse (LCA) methodiek. Dit is nader toegelicht in Hoofdstuk 1.

Hoofdstuk 1. Milieuprestatie Gebouw (MPG) & Milieukostenindicator (MKI)

Bij het doel voor het beschermen van het milieu hanteert Platform CB'23 als indicator de **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** en de **Milieukostenindicator (MKI)**. Met deze indicator wordt de milieu-impact van een bouwwerk over de gehele levenscyclus (van de productie van de materialen tot en met de sloop van het bouwwerk en de verdere verwerking van de materialen) en op basis van een monetaire weegset van milieu-impactcategorieën gebundeld tot een éénpuntsscore⁴.

In de Infra-/GWW-sector (Grond-, Weg- en Waterbouw) wordt de MKI toegepast op zowel materiaal- als bouwwerkniveau in €_{MKI} . In de Gebouw-/B&U-sector (Burgerlijke- en Utiliteitsbouw) wordt de MKI toegepast in de vorm van de Milieuprestatie Gebouw (MPG), waarbij de totale MKI van het gebouw wordt gedeeld door het bruto vloeroppervlak (bvo) en door de levensduur van het gebouw: $\text{€}_{MKI} / \text{m}^2 / \text{jaar}$. De MPG is wettelijk voorgeschreven als onderdeel van het *Besluit bouwwerken leefomgeving*.



Figuur 7 | Bijdrage van indicator Milieuprestatie Gebouw (MPG) op de drie doelen van Circulair Bouwen (Platform CB'23, 2022)

Voor de milieu-impactcategorieën is vastgesteld wat de maatschappelijke kosten zijn van de negatieve impact op het milieu. Als bijvoorbeeld bij de productie van een bouwproduct sprake is van CO₂-uitstoot draagt dit bij aan klimaatverandering. Op dit moment worden twee sets aan milieu-impactcategorieën gehanteerd: de oude set van 11 milieu-impactcategorieën op basis van de Europese standaard EN 15804 +A1 *Sustainability of construction works*, en de nieuwe set van 19 milieu-impactcategorieën op basis van de Europese standaard EN 15804 +A2 *Sustainability of construction works*. De nieuwe set van milieu-impactcategorieën is weergegeven in tabel 2.

De MKI/MPG indicator is gebaseerd op de levenscyclusanalyse-methode (*Life Cycle Assessment, LCA*) en telt de milieu-impact op voor alle bouwproducten die in een bouwwerk worden verwerkt en de daarbij komende bouwprocessen. In de Nationale Milieudatabase (NMD) staan milieuprofielen⁵ van deze bouwproducten die de milieu-impact van de 19 milieu-impactcategorieën in de verschillende fases (bijvoorbeeld C1: sloop) bepaalt en per module (bijvoorbeeld module C: Sloop- en verwerkingsfase) opgeeft, zie figuur 8. De NMD wordt beheerd door de Stichting NMD. De milieu-impact van bouwprocessen staan onder andere vastgelegd in de processendatabase van de NMD en in de Ecoinvent database.

⁴ In een éénpuntsscore worden verschillende vormen van milieu-impact samengenomen en in één getal uitgedrukt.

⁵ Voorheen werden deze 'productkaarten' genoemd.

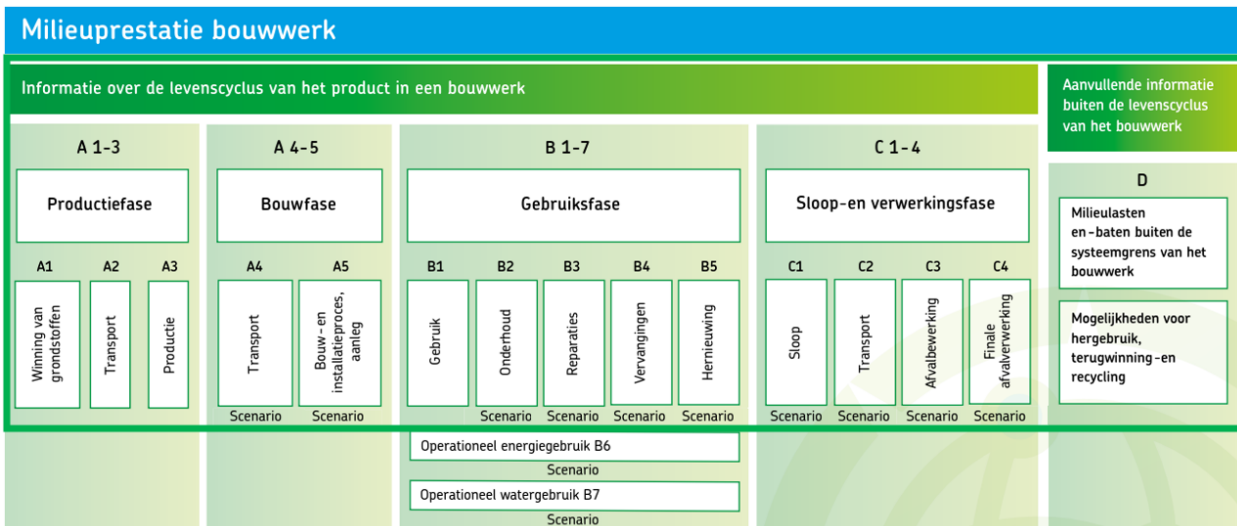
Tabel 2 | De 19 milieu-impactcategorieën van de MPG / MKI éénpuntsscore op basis van de Europese norm EN15804+A2 met de nieuwe monetaire weegset (Platform CB'23, 2022a; DuboCalc, 2023). Voor de oude monetaire weegset wordt de lezer verwezen naar de NMD (2022).

Milieu-impactcategorie	Eenheid indicator	Weegfactor (euro / eenheid indicator)
Klimaatverandering - totaal	kg CO ₂ -eq	0,116
Klimaatverandering – fossiel	kg CO ₂ -eq	0,116
Klimaatverandering – biogeen	kg CO ₂ -eq	0,116
Klimaatverandering – landgebruik en verandering in landgebruik	kg CO ₂ -eq	0,116
Ozonlaagaantasting	kg CFK11-eq	32,00
Verzuring	Mol H ⁺ -eq	0,39
Vermesting zoetwater	kg P-eq	1,96
Vermesting zeewater	kg N-eq	3,28
Vermesting land	Mol N-eq	0,36
Smogvorming	kg NMVOC-eq	1,22
Uitputting van abiotische grondstoffen – mineralen en metalen	kg Sb-eq	0,30
Uitputting van abiotische grondstoffen – fossiele energiedragers	MJ, net. cal. val.	0,00033
Watergebruik	m ³ water, world eq. deprived	0,00506
Fijnstofemissie	kg disease incidence	575838,00
Ioniserende straling	kg kBq U235-eq	0,049
Ecotoxiciteit (zoetwater)	CTUe	0,00013
Humane toxiciteit, carcinogeen	CTUh	1096368,00
Humane toxiciteit, non-carcinogeen	CTUh	147588,00
Landgebruik-gerelateerde impact/bodemkwaliteit	Pt/m ² .jaar	0,000178

In een milieuprofiel wordt de milieu-impact van een product vastgelegd en hiervoor gelden de Europese regels voor Europese Milieuproductverklaringen (*Environmental Product Declarations - EPD*), waarvoor de rekenmethodiek wordt voorgeschreven op Europees niveau door de EN15804+A2. Deze rekenmethodiek is in Nederland door de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken (hierna: Bepalingsmethode) op specifieke vlakken verder ingevuld of aangevuld (NMD, 2022).

De Bepalingsmethode schrijft voor verschillende type gebouwen een referentielevensduur voor (NMD, 2022). Hiervan kan afgeweken worden wanneer dit voldoende is onderbouwd.

- Woningen: 75 jaar
- Utiliteit: 50 jaar
- Mengvormen: 75 jaar (voor de draagconstructie)
- GWW-werken: 100 jaar, of een specifieke levensduur voor een project



Figuur 8 | Levenscyclus van bouwproducten in de Nationale Milieudatabase (NMD, 2022)

Wat is er terug te vinden in geschreven bronnen?

Het stelsel met de Bepalingsmethode en de MKI/MPG indicatoren is zeer specifiek Nederlandse context en wordt daardoor beperkt besproken in de wetenschappelijke literatuur. Wel zijn er veel wetenschappelijke artikelen over het bepalen van milieu-impact met LCA-methodieken, zoals voorgeschreven door de Europese norm EN15084+A2. Een diepgaande beschouwing van deze literatuur gaat verder dan nodig is voor de onderbouwing van de MPG/MKI zoals toegepast in de Nederlandse context.

Onderzoek (Westerink, 2023) naar de milieu-impact en de MPG-score van woongebouwen op basis van prefab/modulaire bouwmethodieken laat zien dat er twee strategieën zijn om zowel de milieu-impact én de MPG-score naar beneden te brengen: 1) het gebruik van materialen tot een minimum beperken en 2) de materiaalkeuze aanpassen. Uit dit onderzoek kwamen ook twee strategieën die de MPG-score naar beneden brengen, maar niet de milieu-impact beperken: 1) het gebruiken van Cat.1 en Cat.2 milieuprofielen⁶ uit de NMD en 2) een langere levensduur van het gebouw invoeren. Dit illustreert dat de MPG-/MKI-scores deels een rekenkundige waarheid presenteren, maar dat dit niet altijd tot daadwerkelijke reductie in milieu-impact leidt. De mogelijkheid van het behalen van een betere milieuprestatie op papier door het gebruiken van nauwkeuriger Cat.1 of Cat.2 milieuprofielen wordt bevestigd door het Ministerie van BZK (2023).

De milieuprijzen die in de weegset van de huidige Bepalingsmethode (versie 1.1, maart 2022) worden gehanteerd zijn gebaseerd op data uit 2004 (NMD, 2022; TNO-MEP, 2004). Deze milieuprijzen zijn dus verouderd, terwijl nieuwere milieuprijzen beschikbaar zijn (CE Delft, 2023). De weegset wordt per 1 januari 2025 bijgewerkt op basis van milieuprijzen uit 2021 van CE Delft, met een naar boven bijgestelde CO₂-prijs (DuboCalc, 2023). Dit illustreert dat de inzichten over milieuschade en de milieukosten die daaraan ten grondslag liggen veranderen over tijd. Bovendien verandert ook de waarde van de euro over tijd, door bijvoorbeeld de relatief hoge inflatie over de afgelopen jaren (Gideon, 2022). Hierdoor is de MPG/MKI waarde voor vergelijkbare bouwwerken niet stabiel richting de toekomst.

Het schalen naar bruto vloeroppervlak (bvo) is ongunstig voor woningen met een klein bvo. Hierdoor is het voor kleine woningen, zoals in het uiterste geval tiny houses, lastig om een lage MPG-score te behalen (W/E adviseurs, 2023). Hierdoor lijken grote gebouwen met een lage MPG minder milieu-impact te hebben dan kleine gebouwen, wat in absolute zin niet het geval is. In de kamerbrief over de voorgenomen aanscherping van de MPG-eisen wordt ook opgemerkt dat het voor kleine grondgebonden woningen, voor appartementengebouwen van 300 woningen of meer en voor hoogbouw van zes woonlagen of meer met kleine woningen een uitdaging kan zijn om een voldoende lage MPG te realiseren. Op dit moment wordt onderzocht door het Economisch Instituut van de Bouw hoe hieruit voorkomende knelpunten kunnen worden

⁶ Categorie 1 milieuprofielen bevatten merkgebonden data van producenten en toeleveranciers, Categorie 2 milieuprofielen bevatten branchegemiddelde data, Categorie 3 milieuprofielen bevatten generieke data.

weggenomen, via bijvoorbeeld een correctie voor de vormfactor (de verhouding tussen m² bvo en m² oppervlakte gevel) of een aparte MPG-eis voor kleinere woningen (Min. BZK, 2023). Cityförster (2022) merkt op dat voor woningbouw ook gedacht zou kunnen worden aan het bepalen van de milieu-impact per woning of per bewoner, en dat hiermee een eerlijker vergelijking gemaakt kan worden tussen verschillende type woningen.

Een overzicht van aandachtspunten voor het MPG-/MKI-stelsel in Nederland is gepresenteerd door de Gideon (2022) beweging. Onder deze aandachtspunten komen naar voren:

- Het verbeteren van de onderbouwing van eindelevensduurscenario's (module C) en hergebruikscenari'o's (module D) met betrekken tot de verwerking van bouwmaterialen aan het einde van de levensduur. Hiervoor worden voor materialen standaard (forfaitaire) verwerkingsscenario's einde leven voorgeschreven en deze zijn voor bepaalde materialen ongunstig ten opzichte van andere materialen. In het geval van hout wordt bijvoorbeeld voorzien dat dit voor het grootste gedeelte wordt verbrand en niet kan worden hergebruikt, terwijl dit een onwaarschijnlijk scenario is (Cityförster, 2022). Bovendien wordt bij hergebruik van materialen gekeken naar voorziene 'vermeden emissies' over 75 jaar welke één-op-één de milieu-impact van de huidige productietechnieken en energiemix hanteren. Dit zorgt bijvoorbeeld bij staal voor een hoog percentage hergebruik wat zeer voordelig uitpakt.
- Het meer toegankelijk maken van de NMD voor nieuwe producten. Voor innovatieve (duurzame) bouwproducten die door niet-gevestigde partijen uit de bouwsector zijn ontwikkeld zorgen de kosten en het complexe proces voor een barrière om toegang te krijgen tot de markt. Hier is nog geen structurele oplossing voor, afgezien van tijdelijke subsidieregelingen.
- Zorg voor toetsing van de MPG-waarde ten tijde van realisatie. Voor woningen en kantoren wordt de MPG verplicht gesteld met een grenswaarde. Deze wordt op dit moment alléén gecontroleerd ten tijde van de omgevingsvergunningsaanvraag, en daarmee alleen op basis van het ontwerp en wanneer meestal de definitieve productkeuzes nog niet gemaakt zijn (Cityförster, 2022). Bovendien worden deze MPG-berekeningen beperkt getoetst door de vergunningsverlener. Of het gebouw bij realisatie de beloofde MPG-waarde (en daarmee milieu-impact) daadwerkelijk behaald wordt niet getoetst. Dit aandachtspunt wordt ook benoemd door Cityförster (2022).

Milieuprestatie Gebouw (MPG) in HNN Gebouw

Is Milieuprestatie Gebouw (MPG) goed meetbaar?

Van de indicatoren binnen HNN Gebouw is de **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** de enige die in nationale regelgeving verankerd is. De Bepalingsmethode en de toegepaste weegset voor de milieu-impactcategorieën worden beheerd door de Stichting NMD. Een minimale prestatie op de hierop gebaseerde MPG-score van woon- en kantoorgebouwen is vereist voor het verkrijgen van de Omgevingsvergunning. Zoals hierboven toegelicht, wordt de MPG/MKI-methodiek bekritiseerd vanuit verschillende hoeken. Echter vanwege de wettelijke verankering van de methodiek wordt deze als voldoende goed meetbaar beschouwd binnen HNN. Daarom wordt de indicator **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** binnen HNN Gebouw geclassificeerd als een **Standaard**.

De **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** indicator beschouwt de gehele levenscyclus van een bouwwerk, inclusief bijvoorbeeld de 'vermeden' emissies van productieprocessen door recycling van materialen aan het einde van de levensduur. Tegelijkertijd is het vanwege de urgentie van de klimaatproblematiek van groot belang om te sturen op CO₂-uitstoot en -opslag op korte termijn. Daarom hanteert HNN náást **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** de volgende twee indicatoren apart: **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** en **Materiaalgebonden CO₂-opslag**.

Wat is een haalbaar en ambitieus prestatieniveau voor Milieuprestatie Gebouw (MPG)?

Naar haalbare prestatieniveaus voor de indicator **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** binnen HNN Gebouw met de huidige bouwpraktijk zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd. Onderzoek van W/E adviseurs (2017) in opdracht van Stichting Bouwkwiteit (tegenwoordig: Stichting NMD) laat zien dat al in 2017 221 gerealiseerde woongebouwen voor 90% een MPG-waarde van 0,60 of lager hadden, en dat 143 gerealiseerde kantoorgebouwen voor 90% een MPG-waarde van 0,79 of lager hadden. Meer recent onderzoek dat ook door W/E adviseurs is uitgevoerd (2023) in opdracht van het Ministerie van BZK laat zien dat een prestatie van 0,50

of lager voor woongebouwen haalbaar is voor de meeste woningtypen met de huidige manier van bouwen. Op basis van dit onderzoek is voorgenomen dat de huidige MPG-eisen aangescherpt zullen worden per 1 januari 2025, zie tabel 3 (Rijksoverheid, 2021; Min. BZK, 2023).

Tabel 3 | MPG-eisen uit Bouwbesluit voor woon- en kantoorgebouwen

Type gebouw	Per 2018	Per 2021 (Rijksoverheid, 2021)	Voorgenomen per 2025 (Min. BZK, 2023)
Woningbouw	1,00 €/m ² bvo / jaar	0,80 €/m ² bvo / jaar	0,50 €/m ² bvo / jaar
Kantoren	Verplichte berekening	1,00 €/m ² bvo / jaar	0,85 €/m ² bvo / jaar

Tabel 4 presenteert de uitkomsten van de data-analyse voor de indicator **Milieu-prestatie Gebouw (MPG)** in € MKI / m² bvo / jaar binnen HNN Gebouw, inclusief de resulterende prestatieniveaus. Deze zijn voor grondgebonden en gestapelde woningbouw gebaseerd op het 1^e kwartiel van de boxplot, wat betekent dat 25% van de projecten op dit niveau of beter presteren (zoals toegelicht in de **Introductie**). Voor Utiliteitsbouw – Kantoren is een beperkt aantal datapunten beschikbaar: hiervoor is met *expert judgment* en op basis van de beschikbare data het prestatieniveau vanuit HNN 0.6 gehandhaafd. Op basis van de uitgevoerde analyse wordt gesteld dat deze prestatieniveaus op dit moment ambitieuws én haalbaar zijn in de Nederlandse bouwsector.

Tabel 4 | Uitkomsten data-analyse voor Milieu-prestatie Gebouw (MPG) in € MKI / m² bvo / jaar (HNN Gebouw)

	Woningbouw		Utiliteitsbouw
	Grondgebonden	Gestapeld	Kantoren
Projectsoort			
HNN Evaluaties	34	15	2
Aanvullende bronnen	49	13	9
BCI Gebouw	55	27	11
Totaal	138	55	22
Boxplot			(te weinig datapunten)
Prestatie-niveau	≤ 0,45	≤ 0,50	≤ 0,70

Milieukostenindicator (MKI) in HNN Infra

Is Milieukostenindicator (MKI) goed meetbaar?

Binnen HNN Infra wordt de **Milieukostenindicator (MKI)** gedeeld door het oppervlak van de weg, openbare ruimte, brug of tunnel en de voorziene levensduur: € MKI / m² / jaar. Het delen door een gemeenschappelijke functionele eenheid (m² oppervlak) wordt gedaan om vergelijking tussen projecten mogelijk te maken. De MKI wordt bepaald met de Bepalingsmethode. Hiermee is MKI een breed geaccepteerde methodiek om de milieupact van een bouwwerk te bepalen en wordt deze indicator binnen HNN Infra als **Standaard** geclassificeerd.

In aanvulling op de milieukosten wordt met de Bepalingsmethode bepaald wat de CO₂-uitstoot is in kg CO₂-eq / m² / jaar. Hiermee wordt de klimaatimpact van het project inzichtelijk gemaakt. Dit neemt de CO₂-uitstoot

over de gehele levenscyclus (modules A tot en met D) mee, wat conform de Bepalingmethode is. Deze wijkt daarmee af van de indicator **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** waarin alleen module A is meegenomen.

Wat is een realistisch richtgetal voor Milieukostenindicator (MKI)?

Tabellen 5 en 6 presenteren de uitkomsten van de data-analyse voor de indicator **Milieukostenindicator (MKI)** in €_{MKI} / m² / jaar en sub-indicator Klimaatimpact in kg CO₂-eq / m² / jaar binnen HNN Infra, inclusief de resulterende prestatieniveaus. Op basis van de uitgevoerde analyse wordt gesteld dat deze prestatieniveaus op dit moment realistische richtgetallen zijn voor de Nederlandse GWW-sector.

Tabel 6 | Uitkomsten data-analyse voor Milieukostenindicator (MKI) in € MKI / m² / jaar (HNN Infra)

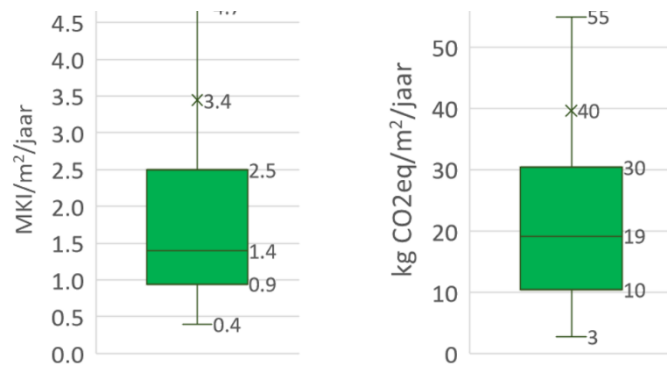
Projectsoort	Wegen		Openbare ruimte	Kunstwerken		
	Hoofd- en stroomwegen	Gebieds-ontsluitingswegen	Inrichting publieke ruimte	Beweegbare bruggen	Vaste bruggen	Tunnels
HNN Evaluaties	-	1	1	-	1	-
Dashboard DGWW	9	8	8	-	4	4
DuboCalc	3	1	-	3	6	1
Witteveen+Bos	-	-	-	16	48	-
Totaal	12	10	9	19	59	5
Puntenwolk						
Prestatie-niveau	≤ 0,24	≤ 0,17	≤ 0,15	≤ 19	≤ 3,4	≤ 12

Tabel 5 | Uitkomsten data-analyse voor Klimaatimpact kg CO₂-eq / m² / jaar (HNN Infra)

Projectsoort	Wegen		Openbare ruimte	Kunstwerken		
	Hoofd- en stroomwegen	Gebieds-ontsluitingswegen	Inrichting publieke ruimte	Beweegbare bruggen	Vaste bruggen	Tunnels
HNN Evaluaties	-	-	-	-	-	-
Dashboard DGWW	9	8	8	-	4	4
DuboCalc	3	1	-	3	6	1
Witteveen+Bos	-	-	-	16	48	-
Totaal	12	9	8	19	58	5
Puntenwolk						
Prestatie-niveau	≤ 2,2	≤ 1,8	≤ 1,7	≤ 120	≤ 40	≤ 100

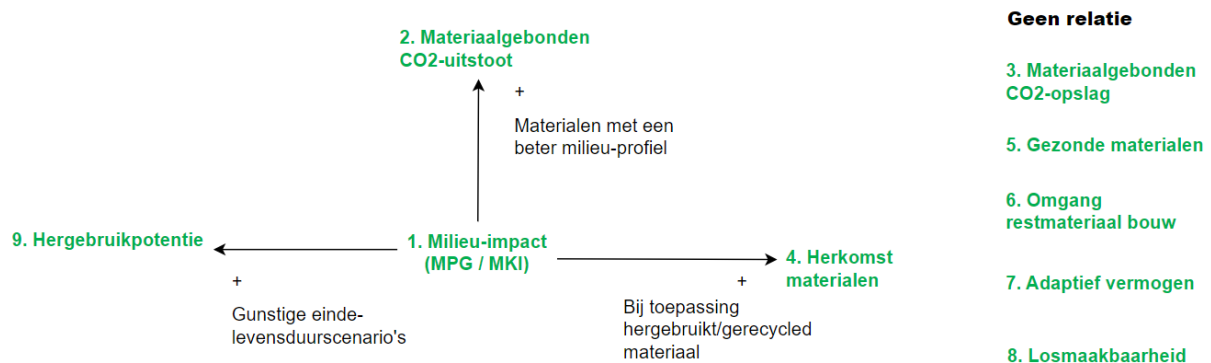
In de toekomst zullen voor HNN Infra haalbare en ambitieuze prestatieniveaus worden vastgesteld op basis van meer datapunten, net als binnen HNN Gebouw. Voor de indicator **Milieukostenindicator (MKI)** zijn er voor vaste bruggen op dit moment al voldoende datapunten voor een analyse door middel van een boxplot. Ter illustratie zijn hiervan de boxplots (zonder uitschieters) weergegeven in figuur 9.

Figuur 2 | Boxplot van indicator Milieukostenindicator (MKI) & Klimaatimpact voor vaste bruggen binnen HNN Infra. De 'x' geeft het gemiddelde getal aan.



Relatie met andere indicatoren

Als er in een project wordt gestuurd op een betere **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** heeft dit ook invloed op andere indicatoren binnen HNN. Deze (wederzijdse) relaties zijn weergegeven in figuur 10.



Figuur 3 | Relatie diagram tussen de indicator Milieuprestatie Gebouw (MPG) met andere HNN-indicatoren. Door te sturen op een verbeterde prestatie op deze indicator is een verbeterde (+) of verslechterde (-) prestatie op andere indicatoren aannemelijk.

Maatregelen op projectniveau

Uit de evaluaties komen onderstaande maatregelen om een bouwwerk te realiseren met een lage **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** naar voren. Deze maatregelen dienen als inspiratie voor te nemen maatregelen binnen een project, dit is niet bedoeld als uitputtende lijst.

Ontwerpmaatregelen:

- Onderzoek naar milieu-impact van verschillende alternatieven voor de materialisatie van gebouwlagen, met name voor de gebouwlagen die een grote impact hebben
- (klimaat)Installaties zo minimaal als mogelijk dimensioneren
- Zo min mogelijk materiaal toepassen, bijvoorbeeld door toepassen kolommenstructuur i.p.v. dragende wanden en door het minimaliseren van de massa van het gebouw om de fundering licht uit te kunnen voeren
- Zo min mogelijk CO₂-intensieve materialen toepassen, zoals (100% primair) beton en staal
- Toepassen van materialen met een lage milieu-impact, bijvoorbeeld kalkzandsteen, minerale steenstrips, gips en biobased materialen
- Bij toepassen PV-panelen: kiezen voor panelen met een duurzaam eindelevensduurscenario

Veel aanvullend genoemde maatregelen houden verband met de keuze voor hernieuwbare, hergebruikte en gerecyclede materialen in het project, deze worden in meer detail toegelicht bij de indicator **Herkomst materialen**.

In een recente publicatie van het Lente Akkoord 2.0 (2023) worden ook mogelijke maatregelen voor het verlagen van de MPG in de woningbouw uiteengezet.

In aanvulling hierop zijn er interventies die op organisatieniveau gepleegd kunnen worden om tot circulaire bouwprojecten te komen. Deze zijn verzameld in de **Interventie Toolbox**⁷.

Bronvermelding

- CE Delft. (2023, 2 maart). *Milieuprijzen - CE Delft*. <https://ce.nl/method/milieuprijzen/#:~:text=Het%20Handboek%20Milieuprijzen%202023%20is,manier%20de%20berekeningen%20zijn%20uitgevoerd.>
- Cityförster. (2022). Carbon-based Design. In <https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2021/10/Carbon-Based-Design.pdf> <https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2021/10/Carbon-Based-Design.pdf>
- *Nieuwsbrief oktober 2023 | Dubo Calc Portal*. (2023, oktober). <https://www.dubocalc.nl/nieuwsbrieven/nieuwsbrief-oktober-2023/>
- Gideon. (2022). *Effectiever sturen op milieu-impact in de bouw*. [gideonstriben.nl. https://www.gideonstriben.nl/_files/ugd/fa1ece_24bc305ebae24ff5a87d0530f59887d5.pdf](https://www.gideonstriben.nl/_files/ugd/fa1ece_24bc305ebae24ff5a87d0530f59887d5.pdf)
- Lente Akkoord 2.0 (2023) Woningbouw met een lage MPG – wat leert de praktijk?
- Min. BZK (2023) Normering circulair bouwen en standaardisatie uitvraag duurzame woningbouw. <https://open.overheid.nl/documenten/a1ddb71b-a2b0-416e-bc08-1d165a741d47/file>
- NMD (2022) Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1
- Platform Circulair Bouwen. (2020). *Meten van circulariteit*. <https://platformcb23.nl/actieteams/archief/meten-van-circulariteit#:~:text=Leidraad%203.0%20is%20gereg,meetmethodiek%20en%20een%20verantwoordingdocument%20opgesteld>
- Rijksoverheid (2021) Milieuprestatie voor gebouwen wordt 1 juli 2021 aangescherpt <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2021/03/11/milieuprestatie-voor-gebouwen-wordt-1-juli-2021-aangescherpt#:~:text=Per%201%20juli%202021%20wordt,uiteindelijk%20in%202030%20te%20halveren.>
- RVO (2023) Milieuprestatie Gebouwen – MPG <https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/milieuprestatie-gebouwen-mpg>
- TNO-MEP (2004) Toxiciteit heeft z'n prijs: schaduwrijzen voor (eco-)toxiciteit en uitputting van abiotische grondstoffen binnen DuboCalc
- Stichting W/E adviseurs. (2023, 27 maart). *Verkenning MPG-score <= 0,5*. [w-e.nl. https://www.w-e.nl/project/stichting-w-e-adviseurs-publiceert-resultaten-van-verkenning-mpg-score-%E2%89%A4-05/](https://www.w-e.nl/project/stichting-w-e-adviseurs-publiceert-resultaten-van-verkenning-mpg-score-%E2%89%A4-05/)
- W/E adviseurs (2017) Onderzoek 'Principes en parameters Milieuprestatie Gebouwen (MPG)' https://milieudatabase.nl/media/filer_public/ee/fb/eefbc3b9-cb37-44e6-bfaf-9cd90d098849/eindrappport-onderzoek-principes-en-parameters-mpg-24-02-2017.pdf
- Westerink, B. (2023). *A comparative life cycle assessment of offsite and onsite construction methods*. TU Delft Repositories. <http://resolver.tudelft.nl/uuid:2cf1c556-b99a-4428-a4f8-d1053fe8c3e0>

⁷ Beschikbaar via www.interventietoolbox.nl

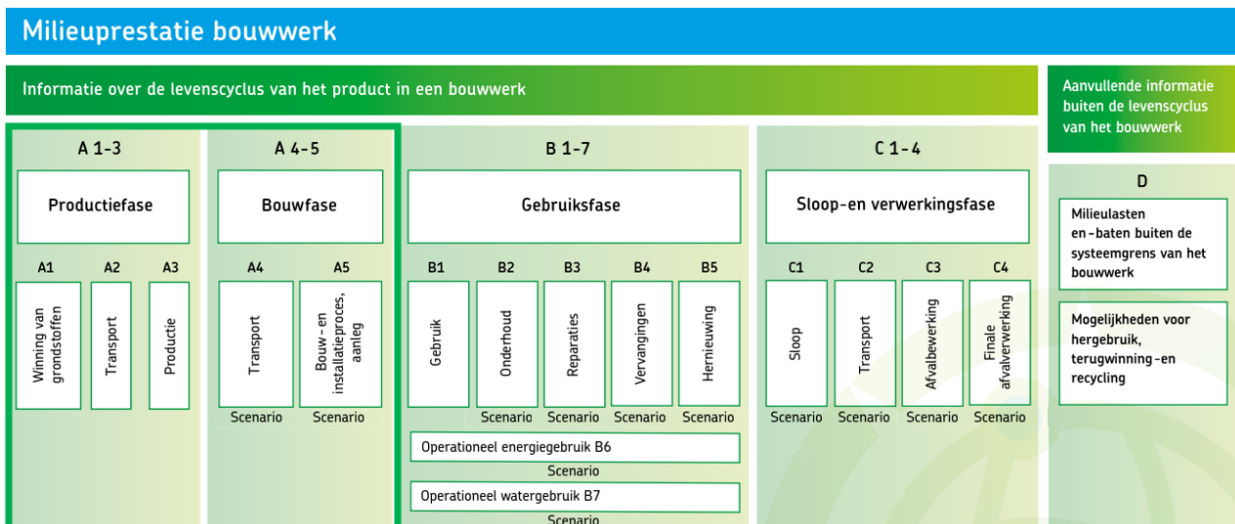
Hoofdstuk 2. Materiaalgebonden CO₂-uitstoot

Vanwege de urgentie van de klimaatproblematiek is het van groot belang om te sturen op beperking van de CO₂-uitstoot op korte termijn. Daarom hanteert HNN náást **Milieu Prestatie Gebouw (MPG)** een aparte indicator, de **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot**. Deze indicator meet de CO₂-uitstoot tijdens het productieproces voor de materialen/producten en tijdens het bouwproces. Hiermee draagt deze indicator bij aan het doel van het beschermen van het milieu, zie figuur 11.



Figuur 4 | Bijdrage van indicator Materiaalgebonden CO₂-uitstoot op de drie doelen van Circulair Bouwen (Platform CB'23, 2022)

HNN hanteert voor de indicator **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** de Paris Proof Methodiek van de Dutch Green Building Council (2022): dit wordt berekend door de som van het milieueffect klimaatverandering (zie **Milieu Prestatie Gebouw (MPG)**, figuur 12) over modules A1 – A5 (productie- en bouwphase, zie figuur 12) te nemen en dit uit te drukken in *kg CO₂-eq per m² bvo*. Deze indicator is onderdeel van een standaard MPG-rapport.



Figuur 5 | Levenscyclus van bouwproducten in de Nationale Milieudatabase (NMD, 2022)

Het Level(s) framework vanuit de Europese Unie hanteert indicator 1.2 *Life Cycle Global Warming Potential* (Europese Commissie, 2021). Als onderdeel hiervan wordt de CO₂-uitstoot tijdens de productie- en bouwphase apart uitgevraagd. De methodiek om te komen tot de indicator **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** in HNN ligt

hiermee in lijn. De samenhang tussen de indicatoren van HNN en Level(s) wordt beschreven in het paper [Samenhang HNN-Level\(s\)](#)⁸.

De reden om in aanvulling op de **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** een aparte indicator en methodiek te ontwikkelen is scherp verwoord in een rapport van het NIBE en de DGBC (2021): “*Om de vraag te beantwoorden of de Nederlandse bouwopgave qua broeikasgas emissies binnen het akkoord van Parijs zal blijven is de MPG systematiek minder geschikt. Enerzijds omdat toekomstige effecten, die buiten de tijdshorizon liggen, worden meegerekend en anderzijds omdat potentiële besparingen als negatieve emissie worden verrekend. Dit laatste werkt niet voor een budget benadering, door besparing worden er immers geen broeikasgassen uit de atmosfeer gehaald, er wordt enkel nieuwe emissie voorkomen.*”.

Naast het sturen op de uitstoot van CO₂ op korte termijn moet ook gestuurd worden op de opslag van CO₂, dit wordt behandeld door de indicator **Materiaalgebonden CO₂-opslag**.

Wat is er terug te vinden in geschreven bronnen?

In de wetenschappelijke literatuur wordt voor de impact op klimaatverandering van een bouwwerk onderscheid gemaakt tussen *operational impact* (of operationele uitstoot) enerzijds, en *embodied impact* (of materiaalgebonden uitstoot) anderzijds (de Wolf, 2017). Operationele impact gaat over de uitstoot van CO₂ tijdens de gebruiksfase van een gebouw en komt overeen met fase B6 Operationeel Energiegebruik (zie figuur 12) in de levenscyclusanalyse. Materiaalgebonden impact gaat over de uitstoot van CO₂ tijdens de productie van de materialen, producten en de realisatie van het bouwwerk.

Röck (2020) concludeert op basis van een analyse van 238 LCA-studies op gebouwniveau⁹ dat de globale trend is dat gebouwen energiezuiniger¹⁰ worden in de gebruiksfase en daarmee de operationele uitstoot drastisch verminderd is. Ook wordt geconcludeerd dat een vergelijkbare besparing niet wordt gerealiseerd voor de productie- en bouwphase en daarmee de materiaalgebonden uitstoot. Hierdoor is de verhouding in bijdrage aan klimaatverandering tussen materiaalgebonden en operationeel intussen opgelopen van 1:10 tot 1:1. De verhouding tussen materiaalgebonden CO₂-uitstoot en operationele CO₂-uitstoot zal verder oplopen naar mate gebouwen nóg energiezuiniger worden (Röck, 2020). Dit benadrukt de relevantie van de materiaalgebonden uitstoot en de urgentie om daarop te sturen.

Pomponi (2016) schrijft dat het meten van de materiaalgebonden CO₂-uitstoot een nuttige indicator is om drie redenen:

- 1) Het geeft een indicatie van de bijdrage van gebouwen en gebouwonderdelen aan klimaatverandering, wat meer en meer kritiek wordt;
- 2) Het meet de CO₂-uitstoot in plaats van de hoeveelheid energie die wordt verbruikt en daarmee is het een meer complete indicator;
- 3) De materiaalgebonden CO₂-uitstoot heeft een sterke correlatie met een deel van de andere impactcategorieën vanuit LCA-methodieken (Heinonen, 2016).

Net als bij de indicator **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** wordt deze indicator geschaald naar bruto vloeroppervlak (bvo). Zoals opgemerkt in hoofdstuk 1 is dit ongunstig voor gebouwen met een klein bvo (W/E adviseurs, 2023) en lijken grote gebouwen met deze meetmethodieken minder milieu-impact te hebben dan kleine gebouwen, wat in absolute zin niet het geval is. Cityföster (2022) schrijft dat voor woningbouw ook gedacht zou kunnen worden aan het bepalen van de milieu-impact per woning of per bewoner, en dat hiermee een eerlijkere vergelijking gemaakt kan worden tussen verschillende type woningen.

⁸ Beschikbaar op hetnieuwenormaal.nl/verdieping/

⁹ De 238 LCA-studies beschouwen 52 kantoorgebouwen en 186 woongebouwen, voor 74% in Europa en de overige gebouwen zijn verdeeld over de rest van de wereld.

¹⁰ Op het energieverbruik tijdens de gebruiksfase van een gebouw wordt in Nederland gestuurd middels de BENG (Bijna EnergieNeutraal Gebouw)-normen.

Materiaalgebonden CO₂-uitstoot binnen HNN Gebouw

Is Materiaalgebonden CO₂-uitstoot goed meetbaar?

De methodiek van de indicator **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** binnen HNN Gebouw is gebaseerd op de Bepalingsmethode en is daardoor breed gedragen en goed meetbaar. Vanwege de urgentie van de klimaatproblematiek is het van groot belang om te sturen op CO₂-uitstoot en -opslag op korte termijn en daarom wordt de indicator **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** náást de indicator **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** gehanteerd in HNN. Op basis hiervan en omdat deze indicator in standaard MPG-rapportages wordt gerapporteerd wordt de indicator Materiaalgebonden CO₂-uitstoot binnen HNN Gebouw geassocieerd als een **Standaard**.

Wat is een haalbaar en ambitieus prestatieniveau voor Materiaalgebonden CO₂-uitstoot?

Tabel 7 presenteert de uitkomsten van de data-analyse voor de indicator **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** in kg CO₂-eq / m² bvo / jaar binnen HNN Gebouw, inclusief de resulterende prestatieniveaus. Deze zijn voor grondgebonden en gestapelde woningbouw gebaseerd op het 1^e kwartiel van de boxplot, wat betekent dat 25% van de projecten op dit niveau of beter presteren (zoals toegelicht in Hoofdstuk **Introductie**). Voor Utiliteitsbouw – Kantoren waren er te weinig datapunten beschikbaar en is géén prestatieniveau vastgelegd. Op basis van de uitgevoerde analyse wordt gesteld dat deze prestatieniveaus op dit moment ambitieus én haalbaar zijn in de Nederlandse bouwsector.

Tabel 7 | Uitkomsten data-analyse voor Materiaalgebonden CO₂-uitstoot in CO₂-eq / m² bvo / jaar (HNN Gebouw)

Projectsoort	Woningbouw		Utiliteitsbouw
	Grondgebonden	Gestapeld	Kantoren
HNN Evaluaties	8	4	1
Aanvullende bronnen	68	20	-
BCI Gebouw	43	18	9
Totaal	119	42	10
Boxplot			(te weinig datapunten)
Prestatieniveau	≤ 200	≤ 240	-

Deze prestatieniveaus geven aan wat op dit moment haalbaar én ambitieus is, op basis van uitgevoerde projecten. Het is belangrijk om deze te beschouwen in relatie tot de grenswaarden die nodig zijn om binnen de afspraken van het Parijs-akkoord te blijven. Deze zijn weergegeven in tabel 8 en zijn in 2021 bepaald door DGBC en NIBE (2021) voor de doelstelling: *hoe kan de Nederlandse bouwopgave worden uitgevoerd binnen het koolstof budget dat hoort bij het 1,5 graden scenario van het IPCC (2021)*. In de tabel zijn streefwaarden opgenomen voor 2030, 2040 en 2050. DGBC en NIBE (2021) voorzien dat deze grenswaarden periodiek worden bijgesteld.

Het prestatieniveau voor grondgebonden woningen komt overeen met de grenswaarde opgesteld door DGBC (2022). Voor gestapelde woningen is dit nog niet het geval, wat de urgentie om hier meer aandacht te besteden benadrukt. Voor kantoorgebouwen is het binnen HNN niet mogelijk gebleken om een prestatieniveau te bepalen, dit vereist aanvullend onderzoek de komende tijd.

Tabel 8 | Grenswaarden Dutch Green Building Council (2022) voor nieuwbouw

Paris proof grenswaarden ¹¹	Materiaalgebonden CO ₂ emissies in kg CO ₂ -eq per m ² bvo			
	2021	2030	2040	2050
Woning (grondgebonden)	200	126	75	45
Woning (gestapeld)	220	139	83	50
Utiliteit - Kantoor	250	158	94	56

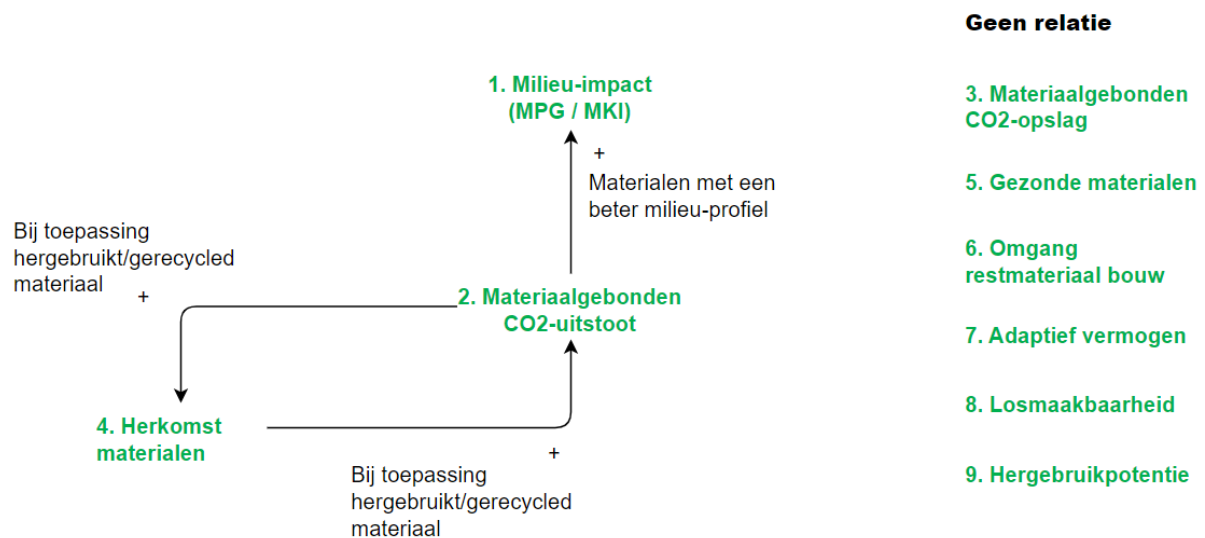
Materiaalgebonden CO₂-uitstoot binnen HNN Infra

Binnen HNN Infra wordt de indicator **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** bepaald middels de Bepalingsmethode: de som van het milieueffect klimaatverandering over modules A1 – A5. Binnen HNN Infra wordt dit uitgedrukt in *kg CO₂-eq per m² oppervlak van de weg, openbare ruimte, brug of tunnel*.

Het apart beschouwen van de **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** is in de GWW-sector nog geen gemeengoed en voor deze indicator zijn binnen HNN Infra dan ook géén gegevens opgehaald in aanloop naar versie 1.0. Daarom wordt deze indicator binnen HNN Infra geclassificeerd als **Indicatie** en is géén prestatieniveau vastgesteld.

Relatie met andere indicatoren

Als er voor een project wordt gestuurd op **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** heeft dit ook invloed op andere indicatoren binnen HNN. Deze (wederzijdse) relaties zijn weergegeven in Figuur 13.



Figuur 6 | Relatie diagram tussen de indicator Materiaalgebonden CO₂-uitstoot met andere HNN-indicatoren. Door te sturen op een verbeterde prestatie op deze indicator is een verbeterde (+) of verslechterde (-) prestatie op andere indicatoren aannemelijk.

¹¹ In het rapport van de Dutch Green Building Council (2022) wordt gesproken over eengezinswoningen en meergezinswoningen wat overeenkomt met grondgebonden en gestapeld, respectievelijk.

Maatregelen op projectniveau

Uit de evaluaties komen onderstaande maatregelen om een bouwwerk te realiseren met een lage **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** naar voren. Deze maatregelen dienen als inspiratie voor te nemen maatregelen binnen een project, dit is niet bedoeld als uitputtende lijst.

Een veel genoemde manier om de **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** te beperken is het toepassen van hergebruikte elementen en materialen, zoals hergebruikte funderingen/draagconstructies, hergebruikte vloeren en het benutten van reststromen uit andere projecten. Ook worden hernieuwbaar/biobased materialen veelvuldig genoemd als effectief. Hierbij gaat het voornamelijk om houtskeletbouw, massiefhoutbouw (CLT), gevelafwerking met hout en het isoleren met vezelgewassen.

Gedurende het ontwerpproces is het belangrijk om te focussen op het zo licht mogelijk ontwerpen van het gebouw om de draagconstructie en fundering zo licht mogelijk te kunnen uitvoeren en om in de materialisatie afweging te maken tussen materialen op basis van de CO₂-intensiteit. Hierbij kan gedacht worden aan het beperken van CO₂-intensieve materialen zoals (100% primair) beton en staal, of het toepassen van relatief CO₂-arme materialen zoals kalkzandsteen of minerale steenstrips.

In aanvulling hierop zijn er interventies die op organisatieniveau gepleegd kunnen worden om tot circulaire bouwprojecten te komen. Deze zijn verzameld in de **Interventie Toolbox**¹².

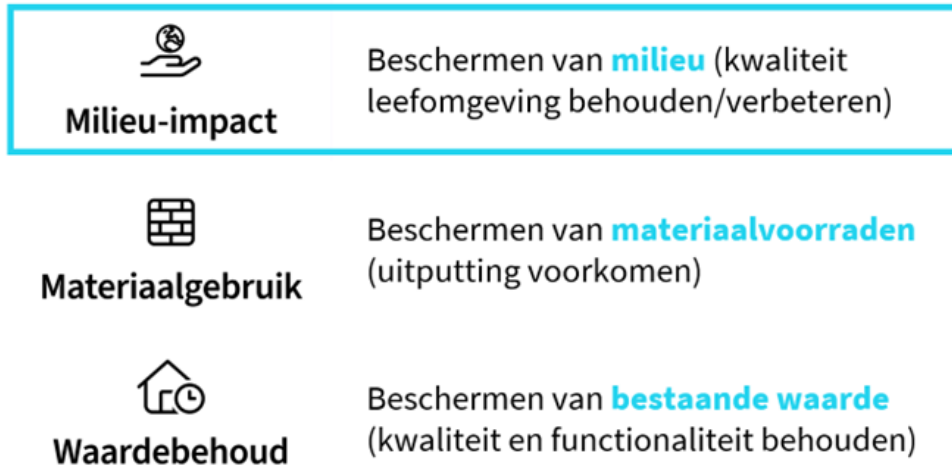
Bronvermelding

- Cityförster. (2022). Carbon-based Design. In <https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2021/10/Carbon-Based-Design.pdf>. <https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2021/10/Carbon-Based-Design.pdf>
- De Wolf, C., Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). Measuring embodied carbon dioxide equivalent of buildings: A review and critique of current industry practice. *Energy and Buildings*, 140, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.01.075>
- Europese commissie (2021), Level(s) Common Framework, <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/home>
- Heinonen, J., Säynäjoki, A., Junnonen, J., Pöyry, A., & Junnila, S. (2016). Pre-use phase LCA of a multi-story residential building: Can greenhouse gas emissions be used as a more general environmental performance indicator? *Building and Environment*, 95, 116–125. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.09.006>
- IPCC, I. P. O. C. (2023). *Climate Change 2021 – The Physical science basis*. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- NIBE. (2021). Paris Proof Embodied Carbon. In *dgbc.nl*. <https://www.dgbc.nl/publicaties/de-berekening-achter-paris-proof-materiaalgebonden-emissies-49>
- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2016). Embodied carbon mitigation and reduction in the built environment – what does the evidence say? *Journal of Environmental Management*, 181, 687–700. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.036>
- Röck, M., Saade, M. R. M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdóttir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T., & Passer, A. (2020). Embodied GHG emissions of buildings – the hidden challenge for effective climate change mitigation. *Applied Energy*, 258, 114107. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107>
- Stichting W/E adviseurs. (2023, 27 maart). *Verkenning MPG-score <= 0,5*. w-e.nl. <https://www.w-e.nl/project/stichting-w-e-adviseurs-publiceert-resultaten-van-verkenning-mpg-score-%E2%89%A4-05/>

¹² Beschikbaar via www.interventietoolbox.nl

Hoofdstuk 3. Materiaalgebonden CO₂-opslag

Binnen het kader van het doel om het milieu te beschermen (zie figuur 14) nemen de indicatoren **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** en **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** alléén de negatieve impact van een gebouw mee, gebaseerd op LCA-methodieken. Tegelijkertijd kan een gebouw ook een positieve impact hebben, in het geval van klimaatverandering kan een gebouw helpen bij de opslag van biogeen CO₂ waardoor deze CO₂ over langere tijd wordt onttrokken aan de atmosfeer. Zoals Sala (2013) betoogt zouden methodieken waarmee de mate van duurzaamheid gemeten wordt óók de positieve impact moeten meenemen. Daarmee kan een prikkel gegeven worden voor het behalen van duurzaamheidsdoelstellingen, zoals de beperking van klimaatverandering. Het waarden van de opslag van CO₂ in biobased bouwmaterialen in gebouwen, past hier goed bij en is daarom opgenomen in HNN in de vorm van de indicator **Materiaalgebonden CO₂-opslag**.



Figuur 7 | Bijdrage van indicator Materiaalgebonden CO₂-opslag op de drie doelen van Circulair Bouwen (Platform CB'23, 2022)

HNN hanteert voor de indicator **Materiaalgebonden CO₂-opslag**¹³ de methode van SGS Search (2022): dit wordt berekend door voor de verschillende biobased materialen in het gebouw of kunstwerk de formule uit de methodiek van SGS Search toe te passen met de gegevens uit de desbetreffende milieuprofielen uit de NMD. Door de uitkomst van de berekening van de verschillende biobased materialen in het gebouw of kunstwerk bij elkaar op te tellen wordt de **Materiaalgebonden CO₂-opslag** berekend. De methodiek houdt in de berekening rekening met de mate van duurzaam bosbeheer, de levensduur van de bouwproducten en de mate van hergebruik in de betreffende eindelevensduurscenario's.

In tegenstelling tot de indicatoren **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** en de **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot** wordt deze indicator in opgeslagen *ton CO₂* op gebouw-/bouwwerkniveau gemeten. Hiervoor is binnen HNN gekozen om aan te sluiten bij het idee van een CO₂-budget voor de Nederlandse bouwsector.

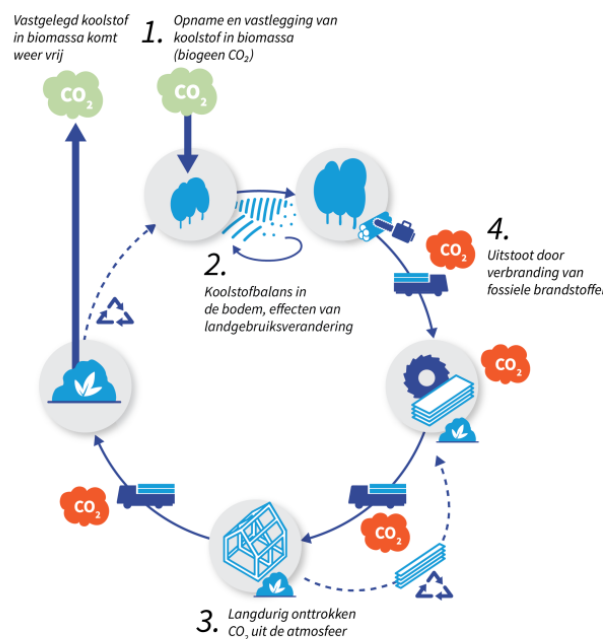
Wat is er terug te vinden in geschreven bronnen?

Het hanteren van positieve milieu-impact via de opslag van CO₂ (in de vorm van koolstof) in materialen is onderdeel van een breder idee van een *carbon handprint* van een materiaal, product of gebouw (positieve milieu-impact) als tegenhanger van de *carbon footprint* (negatieve milieu-impact) (Häkkinen, 2021). Deze opslag in een bouwproduct of in een gebouw is tijdelijk, aangezien de koolstof aan het einde van de levenscyclus als CO₂-uitstoot vrijkomt bij verbranding, verrotting van het biobased materiaal of als het overgaat naar een volgend 'productsysteem' als het wordt hergebruikt. CO₂-opslag in hout uit bossen kan officieel worden erkend, zolang deze bossen in overeenstemming met de eisen rondom certificering worden beheerd en na het oogsten weer nieuwe bomen worden geplant (Häkkinen, 2021).

¹³ In het rapport van SGS Search wordt gesproken van koolstof vastlegging, niet van CO₂-opslag.

Häkkinen (2021) geeft aan dat duidelijke en breed gedragen berekeningsmethodes en regels rondom het toekennen van dergelijke positieve milieu-impact nodig zijn. Enerzijds vanwege aankomende wetgeving rondom de CO₂-intensiteit van gebouwen vanuit de EU en onderzoeken naar de mogelijkheden met betrekken tot koolstofreductie en het potentieel van koolstofvastlegging in bouwwerken (EU Commissie, 2020), en anderzijds om het risico op ongegronde claims en greenwashing te mitigeren. Het meten van positieve impact kan een prikkel geven richting de bouwindustrie om te verduurzamen. Tegelijkertijd geeft Häkkinen (2021) aan dat de wetenschappelijke basis voor het bepalen van de positieve impact op klimaatverandering op basis van CO₂-opslag nog niet volledig is.

Zoals SGS Search (2022) beschrijft is **Materiaalgebonden CO₂-opslag** gerelateerd aan de milieu-impactcategorie *Klimaatverandering – biogeen* zoals wordt gehanteerd binnen LCA's volgens de Europese norm EN15804 +A2¹⁴. Het apart declareren van de opgeslagen CO₂ in een bouwproduct of in een gebouw is relevant omdat de Europese norm EN15804 +A2, en daarmee de Nederlandse Bepalingsmethode die hierop gebaseerd is, het waarderen van tijdelijke koolstofvastlegging over de gehele levenscyclus van een gebouw expliciet uitsluit (SGS Search, 2022). Dit betekent dat alle biogene koolstof die in een bouwproduct is opgeslagen en in fase A1 *Winning van grondstoffen* het 'systeem' binnenkomt ook weer via CO₂ uitstoot vrij moet komen uit het 'systeem' in fase C4 *Finale afvalverwerking*. Tegelijkertijd moet volgens de EN15804 +A2 de hoeveelheid biogeen koolstof (in kilogram) die in een bouwproduct is opgeslagen op het moment dat het de 'fabriekspoort' verlaat wel los vermeld worden in de EPD (*Environmental Product Declaration*), en daarmee in de Nederlandse situatie vermeld moet worden op milieuprofielen in de NMD (SGS Search, 2022). De cyclus van biogeen koolstof in LCA-methodieken wordt schematisch weergegeven in figuur 15 (CE Delft, 2021).



Figuur 5 - Koolstof in de keten van biobased bouwmaterialen

Figuur 8 | Koolstof in de keten van biobased bouwmaterialen (CE Delft, 2021)

Bij het berekenen en waarderen van CO₂-opslag zijn de volgende uitdagingen en kanttekeningen van toepassing:

- Het voorkomen van het (boekhoudkundig) dubbel tellen/waarderen van CO₂-opslag (Häkkinen, 2021; SGS Search, 2022);
- De data met betrekking tot de hoeveelheid biogeen koolstof die in bouwproducten en -materialen zijn vastgelegd zijn niet altijd accuraat/correct verwerkt in de milieuprofielen in de Nationale Milieudatabase (SGS Search, 2022);

¹⁴ De milieu-impactcategorieën zijn toegelicht bij indicator Milieuprestatie Gebouw (MPG)

- In de internationale context van houtbouw, -verwerking en -toepassing: bij wie komen de 'carbon credits' terecht? Voor hout wordt de koolstof toegekend aan de *Harvested Wood Products* (HWP)-pool bij het land waarin de originele boom is gegroeid en geroid (SGS Search, 2022);
- In de methodiek van SGS Search (2022) worden twee variabelen V1 en V2 toegepast en hoe deze variabelen precies worden vastgesteld is op dit moment niet expliciet vastgelegd. Hierdoor bestaat het risico dat deze subjectief worden beschouwd/berekend door degene die de berekening maakt, waardoor deze niet onafhankelijk reproduceerbaar en te vergelijken zijn. Deze variabelen corrigeren voor:
 - 1) Milieueffecten tijdens de groei- en oogstperiode die niet goed worden gewaardeerd in de huidige Bepalingsmethode of Europese norm EN15804 +A2. Het gaat hier om de zogenoemde vastleggingsfactor die zou moeten worden gehanteerd om de correcte hoeveelheid vastgelegde CO₂ te bepalen. De vastleggingsfactor corrigeert voor milieueffecten die het gevolg zijn van niet-duurzaam bosbeheer of het oogsten en verwerken van hout. Dit zijn bijvoorbeeld de rotting van wortelstelsel en de verbranding van bast.
 - 2) Onzekerheid rondom het verwerkingsscenario en een eventuele tweede levenscyclus na de eerste levenscyclus.

Materiaalgebonden CO₂-opslag binnen HNN Gebouw

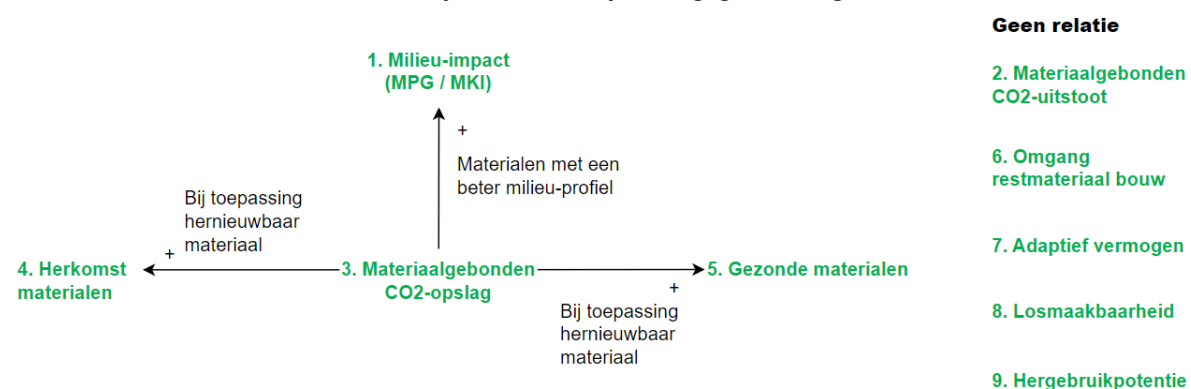
De methodiek van de indicator **Materiaalgebonden CO₂-opslag** is relatief nieuw en nog niet compleet uitgedacht. Bovendien is er beperkt data opgehaald in aanloop naar HNN versie 1.0. Tegelijkertijd is het van belang om te sturen op CO₂-opslag vanwege de urgentie van de klimaatproblematiek en wordt een methodiek gehanteerd die met beschikbare data uit milieuprofielen uit de NMD rekent. Op basis hiervan wordt de indicator **Materiaalgebonden CO₂-opslag** binnen HNN Gebouw geclassificeerd als een **Indicatie**. Er zijn hiervoor te weinig gegevens beschikbaar gekomen om tot prestatieniveaus te komen.

Materiaalgebonden CO₂-opslag binnen HNN Infra

De indicator **materiaalgebonden CO₂-opslag** wordt binnen HNN Infra bepaald middels de Bepalingsmethode op basis van de milieuprofielen over fases A1-A3 voor milieu-impactcategorie *biogeen koolstof*, conform de nieuwste Europese norm EN15804 +A2. Dit is een nieuwe benadering waarvoor nog geen datapunten zijn opgehaald in aanloop naar HNN versie 1.0. Daarom wordt deze indicator binnen HNN Infra als **Indicatie** geclassificeerd en worden er géén prestatieniveaus gepresenteerd.

Relatie met andere indicatoren

Als er voor een project wordt gestuurd op **Materiaalgebonden CO₂-opslag** heeft dit ook invloed op andere indicatoren binnen HNN. Deze (wederzijdse) relaties zijn weergegeven in figuur 18.



Figuur 9 | Relatie diagram tussen de indicator **Materiaalgebonden CO₂-opslag** met andere HNN-indicatoren. Door te sturen op een verbeterde prestatie op deze indicator is een verbeterde (+) of verslechterde (-) prestatie op andere indicatoren aannemelijk.

Maatregelen op projectniveau

Uit de evaluaties komen voor de indicator **Materiaalgebonden CO₂-opslag** verschillende manieren naar voren om hernieuwbare/biobased materialen toe te passen. Het overgrote deel van de genoemde maatregelen gaan over het toepassen van hout door het hele gebouw, van een houten draagconstructie (voornamelijk

kruislaaghout/CLT en gelamineerd/glulam) en houten gevelelementen tot kozijnen en binnenwandafwerking. Daarnaast worden vezelgewassen zoals vlas, hennep en stro genoemd als isolatiematerialen.

In aanvulling hierop zijn er interventies die op organisatieniveau gepleegd kunnen worden om tot circulaire bouwprojecten te komen. Deze zijn verzameld in de **Interventie Toolbox**¹⁵.

Bronvermelding

- CE Delft. (2023, 2 maart). *Milieuprijzen* - CE Delft. <https://ce.nl/method/milieuprijzen/#:~:text=Het%20Handboek%20Milieuprijzen%202023%20is,manier%20de%20berekeningen%20zijn%20uitgevoerd>.
- European Commission. (2021). *Product Bureau | Circular Economy: Environmental and Waste Management*. <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/home>
- Häkkinen, T., Nibel, S., & Birgisdottir, H. (2021). Definition and methods for the carbon handprint of buildings. *Report, Danish housing and planning authority & Ministry of the Environment Finland*.
- Sala, S., Farioli, F., & Zamagni, A. (2012). Progress in Sustainability Science: Lessons Learnt from Current Methodologies for Sustainability Assessment: Part 1. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(9), 1653–1672. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0508-6>
- SGS Search Ingenieursbureau B.V. (2022). Voorstel berekeningsmethodiek om koolstofvastlegging in biobased bouwmaterialen te kunnen waarderen. In *sgssearch.nl* (29.21.00044).

¹⁵ Beschikbaar via www.interventietoolbox.nl

Hoofdstuk 4. Herkomst materialen

Voor het beschermen van materiaalvoorwaarden heeft Platform CB'23 als hoofdindicator 1 de *hoeveelheid gebruikt inputmateriaal om het (deel)object te produceren en te repareren of op te knappen* gedefinieerd (2022a), zie figuur 17. De indicator **Herkomst Materialen** in HNN hanteert de volgende onderdelen: primair hernieuwbaar, primair niet-hernieuwbaar, secundair uit hergebruik, en secundair uit recycling (zie ook figuur 18). In HNN is dit opgenomen als een *massa-% hernieuwbaar, hergebruikt, en gerecycled materiaal*.

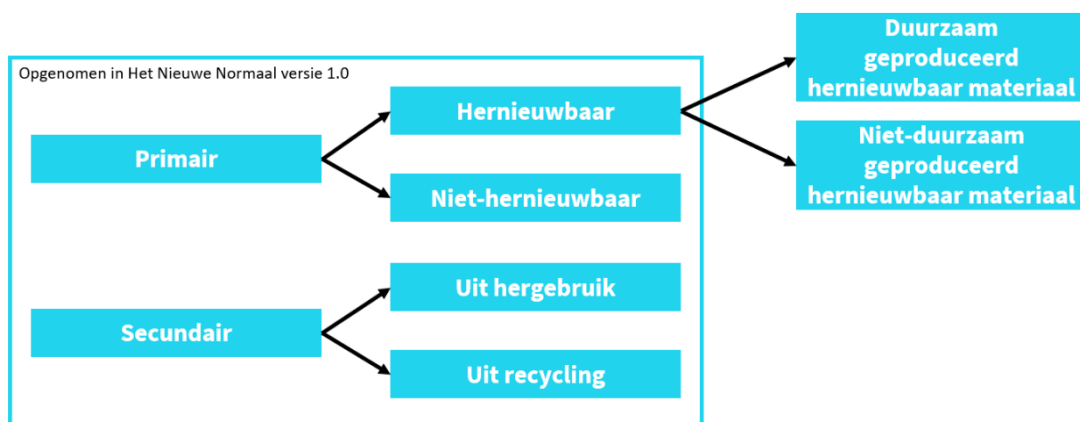


Figuur 10 | Bijdrage van indicator Herkomst Materialen op de drie doelen van Circulair Bouwen (Platform CB'23, 2022)

Platform CB'23 verdeelt de hoofdindicator Materiaalgebruik onder op basis van drie dimensies:

- 1) type inputstroom: primair of secundair;
- 2) fysiek schaars: ja of nee;
- 3) socio-economisch schaars: ja of nee

Het type inputstroom wordt verder uitgesplitst in primair hernieuwbaar en primair niet-hernieuwbaar materiaal, en in secundair materiaal uit hergebruik en secundair materiaal uit recycling. Primair hernieuwbaar materiaal wordt vervolgens verder uitgesplitst in duurzaam of niet-duurzaam geproduceerd materiaal, zie figuur 18 (Platform CB'23, 2022a). Dit laatste onderscheid is nog niet eenduidig te maken en is daardoor niet praktisch toepasbaar. Deze data zouden dan beschikbaar moeten zijn in de EPD's¹⁶ van bouwproducten/-materialen, wat op dit moment niet het geval is. Ditzelfde geldt voor de vraag of een product fysiek en/of socio-economisch schaars is.



¹⁶ Milieuprofielen, EPD's en LCA's zijn toegelicht bij de indicator Milieuprestatie Gebouw (MPG)

Wat is er terug te vinden in geschreven bronnen?

Een van de eerste methodieken om circulariteit te meten was de *Material Circularity Indicator* (MCI) van de Ellen MacArthur Foundation. Deze methodiek wordt generiek toegepast op producten en is daarmee niet specifiek toegespitst op bouwproducten of gebouwen. In de MCI zijn de volgende sub-indicatoren meegenomen (Ellen MacArthur Foundation, 2015):

- 1) de hoeveelheid nieuw (*virgin* = primair) materiaal;
- 2) de hoeveelheid verloren materiaal door afval;
- 3) de levensduur van producten.

Binnen HNN worden deze sub-indicatoren (indirect) meegenomen in verschillende HNN-indicatoren. Onderdeel 1 wordt direct meegenomen in de indicator **Herkomst Materialen**, onderdeel 2 wordt meegenomen in de indicator **Omgang Restmateriaal Bouw**, en onderdeel 3 wordt indirect meegenomen in de **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** indicator.

In Nederland wordt de Building Circularity Index Gebouw (BCI-gebouw) vanuit Alba Concepts veelvuldig gebruikt. Van der Zwaag (2023) beschrijft dat deze BCI op de MCI van de Ellen MacArthur Foundation voortbouwt en samenbrengt met de meetmethodiek van Platform CB'23 en LCA-methodieken. In de BCI wordt onder andere het materiaalgebruik bepaald, zoals in HNN wordt toegepast. De ontwikkeling van de BCI is vastgelegd in wetenschappelijke publicaties (Verberne, 2016; van Vliet, 2018; van Schaik, 2019) en deze worden aangehaald in verschillende wetenschappelijke publicaties over circulariteit in de bouwsector (Cottafava, 2021; Khadim, 2022).

Van der Zwaag (2023) concludeert dat de indicator materiaalgebruik binnen de BCI een beperkte wetenschappelijke basis heeft en enkel gebaseerd is op massa-percentages. Hierdoor mist het een koppeling met de daadwerkelijke milieu-impact. Het voordeel is wel dat een dergelijke methodiek om circulariteit te meten de aandacht focust op hernieuwbare materialen, de gebruiksfase, de hergebruikpotentie op productniveau, en de mogelijkheid om te recyclen op materiaalniveau aan het einde van de levensduur.

De potentie om milieu-impact te verlagen door producten en materialen te hergebruiken is significant. Dit is door verschillende onderzoekers aangetoond en dit wordt door beleidsmakers en bedrijven beaamd, beschrijft Nußholz (2020). Wel varieert dit op basis van de materiaal- en productstromen, toegepaste processen voor hergebruik of recycling, en de individuele casus.

De definitie voor '*hernieuwbaar materiaal*' varieert, HNN hanteert het uitgangspunt van Platform CB'23 (2022). Hierin wordt hernieuwbaar materiaal gedefinieerd als materialen die op een menselijke tijdschaal op natuurlijke wijze worden aangevuld. Bovendien worden alle biotische grondstoffen als hernieuwbaar aangemerkt.

Herkomst materialen binnen HNN Gebouw

Is de indicator *Herkomst Materialen* goed meetbaar?

De indicator **Herkomst materialen** wordt binnen HNN Gebouw bepaald door de inputmaterialen van het gebouw inzichtelijk te maken en hiermee het *massa-% hernieuwbaar, hergebruikt en gerecycled* te bepalen. Dit is conform de leidraad Meten van Circulariteit van Platform CB'23 (2022). Daarom wordt de indicator **Herkomst Materialen** binnen HNN Gebouw geassocieerd als een **Standaard**.

Wat is een haalbaar en ambitieus prestatieniveau voor *Herkomst Materialen*?

Tabel 9 presenteert de uitkomsten van de data-analyse voor de indicator **Herkomst materialen** in *% massa hernieuwbaar, hergebruikt, gerecycled* binnen HNN Gebouw, inclusief de resulterende prestatieniveaus. Voor deze indicator is data beschikbaar vanuit de BCI Gebouw database en nagenoeg géén data vanuit evaluaties. Daarom zijn de prestatieniveaus bepaald met *expert judgment* op basis van de beschikbare data. Op basis van de uitgevoerde analyse wordt gesteld dat deze prestatieniveaus op dit moment ambitieuw én haalbaar zijn in de Nederlandse bouwsector.

Tabel 9 | Uitkomsten data-analyse voor *Herkomst materialen in massa-% hernieuwbaar, hergebruikt, gerecycled (HNN Gebouw)*

Projectsoort	Woningbouw		Utiliteitsbouw
	Grondgebonden	Gestapeld	Kantoren
HNN Evaluaties	11	8	5
Aanvullende bronnen	-	-	-
BCI Gebouw	180	40	64
Totaal	191	48	69
Boxplot	(alléén BCI Gebouw data beschikbaar)	(alléén BCI Gebouw data beschikbaar)	(alléén BCI Gebouw data beschikbaar)
Prestatieniveau	≥ 25%	≥ 20%	≥ 25%

Herkomst materialen in HNN Infra

Is de indicator *Herkomst Materialen* goed meetbaar?

De indicator *Herkomst materialen* wordt bepaald door de inputmaterialen van het gebouw inzichtelijk te maken en hiermee het *massa-% hernieuwbaar, hergebruikt en gerecycled* te bepalen. Dit is conform de leidraad *Metten van Circulariteit van Platform CB'23 (2022)*. In aanvulling hierop wordt óók de totale massa van het project in *ton / m²* gerapporteerd. Daarom wordt de indicator *Herkomst Materialen* binnen HNN Infra geclassificeerd als een *Standaard*.

Wat is een realistisch richtgetal voor *Herkomst Materialen*?

Tabellen 10 en 11 laten de resultaten van de data-analyse zien voor de indicator *Herkomst materialen* en de sub-indicator *Totale massa* voor HNN Infra, inclusief de resulterende prestatieniveaus. Op basis van de uitgevoerde analyse wordt gesteld dat deze prestatieniveaus op dit moment realistische richtgetallen zijn voor de Nederlandse GWW-sector.

Tabel 10 | Uitkomsten data-analyse voor de indicator *Herkomst materialen in massa-% hernieuwbaar, hergebruikt, gerecycled (HNN Infra)*

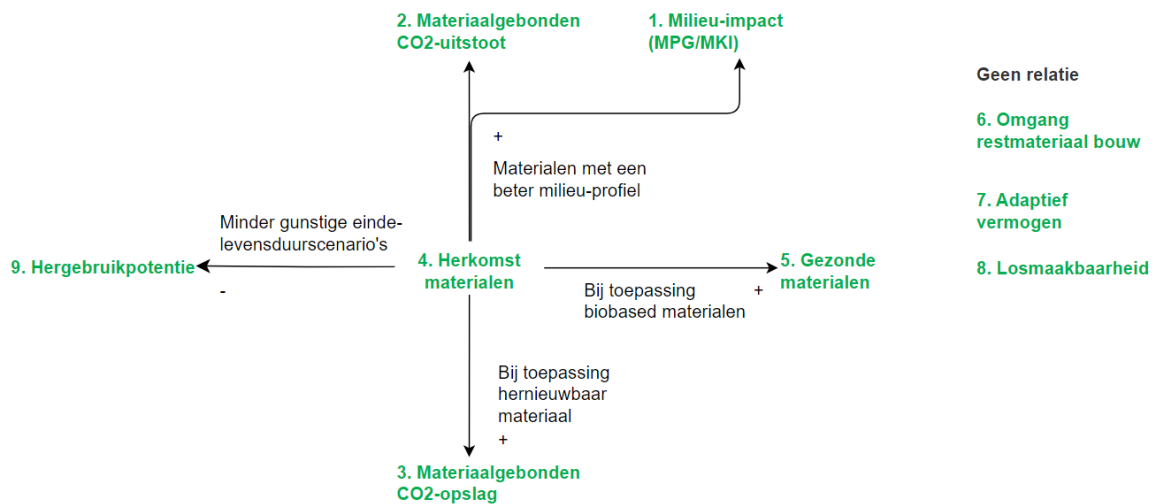
Projectsoort	Wegen		Openbare ruimte	Kunswerken		
	Hoofd- en stroomwegen	Gebieds-ontsluitingswegen	Inrichting publieke ruimte	Beweegbare bruggen	Vaste bruggen	Tunnels
HNN Evaluaties	-	-	-	-	-	-
Dashboard DGWW	9	8	8	-	4	4
DuboCalc	-	-	-	-	-	-
Witteveen+Bos	-	-	-	16	48	-
Totaal	9	8	8	16	52	4
Puntenwolk						
Prestatieniveau	≥ 58%	≥ 60%	≥ 56%	≥ 34%	≥ 44%	≥ 3%

Tabel 11 | Uitkomsten data-analyse voor de indicator Totale massa in ton / m² (HNN Infra)

Projectsoort	Wegen		Openbare ruimte	Kunstwerken		
	Hoofd- en stroomwegen	Gebieds-ontsluitingswegen	Inrichting publieke ruimte	Beweegbare bruggen	Vaste bruggen	Tunnels
HNN Evaluaties	-	1	4	-	-	-
Dashboard DGWW	9	8	8	-	4	4
DuboCalc	-	-	-	-	-	-
Witteveen+Bos	-	-	-	16	48	-
Totaal	9	9	12	16	52	4
Puntenwolk						
Prestatieniveau	≤ 1,1	≤ 1,2	≤ 0,96	≤ 17	≤ 8,5	≤ 11

Relatie met andere indicatoren

Als er voor een project wordt gestuurd op Herkomst Materialen heeft dit ook invloed op andere indicatoren binnen HNN. Deze (wederzijdse) relaties zijn weergegeven in figuur 19.



Figuur 12 | Relatie diagram van indicator Herkomst Materialen met andere HNN-indicatoren. Door te sturen op een verbeterde prestatie op deze indicator is een verbeterde (+) of verslechterde (-) prestatie op andere indicatoren aanneemelijk.

Maatregelen op projectniveau

Uit de evaluaties komen onderstaande maatregelen om een bouwwerk te realiseren met een zo verantwoord als mogelijke **Herkomst materialen** naar voren. Deze indicator wordt gemeten in % *massa hernieuwbaar, hergebruikt, gerecycled* en de maatregelen worden dan ook apart behandeld. Deze maatregelen dienen als inspiratie voor te nemen maatregelen binnen een project, dit is niet bedoeld als uitputtende lijst.

Voor hernieuwbare materialen worden voornamelijk hout en vezelgewassen genoemd, bijvoorbeeld in houtskeletbouw, massiefhoutbouw (CLT), houten dakconstructies, biobased gevelementen en isolatie op basis van vlas.

Bij hergebruikte producten wordt hergebruik van bestaande funderingen of draagconstructies genoemd, net als het opnieuw toepassen van al gebruikte constructieve elementen zoals stalen profielen of CLT-liggers. Voor andere gebouwlagen geldt hetzelfde, met hergebruik van gevelementen, kozijnen en dakpannen of het hergebruiken van sanitair en vloeren. Binnen de gebouwlaag installaties is er op dit moment beperkt sprake van hergebruik, hierbij wordt het opnieuw gebruiken van kabels en brandslanghaspels genoemd.

Recycling vindt plaats op materiaalniveau en in de evaluaties worden dan ook voorbeelden genoemd van beton met een gehalte betongranulaat als toeslagmateriaal en het toepassen van aluminium, plastic of bitumineuze producten met een recyclingpercentage.

Voorbeelden van procesmaatregelen zijn het ontwerpen op basis van bestaande en beschikbare materialen, en het hanteren van de R-ladder¹⁷ en dan met name reduce, re-use en recycling.

In aanvulling hierop zijn er interventies die op organisatieniveau gepleegd kunnen worden om tot circulaire bouwprojecten te komen. Deze zijn verzameld in de **Interventie Toolbox**¹⁸.

Bronvermelding

- Cottafava, D., & Ritzen, M. (2021). Circularity indicator for residential buildings: Addressing the gap between embodied impacts and design aspects. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105120.
- European Commission. (2021). *Product Bureau | Circular Economy: Environmental and Waste Management*. <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/home>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Material Circularity Indicator (MCI)*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/material-circularity-indicator>
- Khadim, N., Agliata, R., Marino, A., Thaheem, M. J., & Mollo, L. (2022b). Critical review of nano and micro-level building circularity Indicators and Frameworks. *Journal of Cleaner Production*, 357, 131859. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131859>
- Nußholz, J. L., Rasmussen, F. N., Whalen, K., & Plepys, A. (2020). Material reuse in buildings: Implications of a circular business model for sustainable value creation. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118546.
- Platform Circulair Bouwen. (2022). *Meten van circulariteit*. <https://platformcb23.nl/actieteams/archief/meten-van-circulariteit#:~:text=Leidraad%203.0%20is%20gereed,meetmethodiek%20en%20een%20verantwoordingdocument%20opgesteld>
- Van Schaik, C. (2019). Circular building foundations: A structural exploration of the possibilities for making building foundations contribute to a circular economy.
- Van Vliet, M. M. (2018). Disassembling the steps towards building circularity redeveloping the building disassembly assessment method in the building circularity indicator. *Construction Management & Engineering*.
- van der Zwaag, M., Wang, T., Bakker, H., van Nederveen, S., Schuurman, A. C. B., & Bosma, D. (2023). Evaluating building circularity in the early design phase. *Automation in Construction*, 152, 104941.
- Verberne, J. (2016). Building Circularity Indicators—An Approach for Measuring Circularity of a Building. *Eindhoven University of Technology: Eindhoven, The Netherlands*.

¹⁷ Zie rvo.nl/onderwerpen/r-ladder

¹⁸ Beschikbaar via www.interventietoolbox.nl

Hoofdstuk 5. Gezonde materialen

Het toepassen van gezonde (niet-toxische) materialen is een randvoorwaarde voor een circulaire bouweconomie: als er toxische materialen worden toegepast kan het milieu aangetast worden gedurende de hele levenscyclus van een gebouw, wordt de potentie voor hergebruik/recycling en daarmee het behouden van bestaande waarde beperkt, en kunnen de bewoners/gebruikers van een gebouw gezondheidsschade oplopen. Hiermee is de indicator **Gezonde Materialen** lastig te vatten in één van de doelen zoals door Platform CB'23 (2022) gedefinieerd.

Wel is duidelijk dat het handelingsperspectief om gezonde materialen toe te passen in het gebied van materiaalkeuze valt. Daarom is deze indicator in HNN geschaard onder het doel van beschermen van materiaalvoorraden, samen met de indicatoren **Herkomst Materialen** en **Omgang Restmateriaal Bouw**. De indicator wordt uitgevraagd op basis van kwalitatieve inzichten én het aantal materialen dat aantoonbaar geen toxische stoffen bevat. Voor een circulaire economie zijn gezonde materialen essentieel, zo kunnen grondstoffen oneindig gebruikt worden.

Wat is er terug te vinden in geschreven bronnen?

In 2005 werd door Guy (2005) en Crowther (2005) opgemerkt dat toxische en gevaarlijke materialen vermeden of uitgebannen moeten worden uit gebouwen, zowel om toekomstig hergebruik en recycling (via losmaakbare constructies) mogelijk te maken, als om de werknemers in de productie-/bouwketen en bewoners/gebruikers te beschermen voor toxiciteit.

Toxiciteit van stoffen is te verdelen in (NMD, 2022):

- 1) ecotoxiciteit met risico's voor de ecologische omgeving;
- 2) humane toxiciteit met risico's voor mensen, zowel carcinogeen (risico op kanker) als non-carcinogeen (geen risico op kanker)

Deze categorieën zijn opgenomen in de lijst van milieu-impactcategorieën die worden gehanteerd in LCA's vanuit de Europese norm EN15804, en daarmee ook in de Nederlandse bepalingsmethode waarop MPG/MKI berekeningen zijn gebaseerd (NMD, 2022). Deze milieu-impactcategorieën zijn nader toegelicht bij de indicator **Milieuprestatie Gebouw (MPG)**. Dit betekent dat de negatieve milieu-impact van toxiciteit in zekere mate zijn meegenomen in MPG en MKI berekeningen. Daarbij is de kanttekening te stellen dat in een éénpuntsscore als MPG en MKI op basis van LCA-methodieken de daadwerkelijk meegerekende impact van toxiciteit in het niet valt. Dit geldt specifiek voor toxiciteit en voor meer 'complexe' milieu-impactcategorieën, ten opzichte van breed begrepen categorieën als klimaatverandering, laat Egemose (2022) zien.

Egemose (2022) beschrijft verder hoe methodieken, modellen en data voor humane toxiciteit van bouwmaterialen ontbreken en dat dit specifiek in een circulaire economie problematisch is door het hergebruiken van producten en materialen. Hierbij wordt benoemd dat niet alleen toxiciteit tijdens de productie- en bouwfase problematisch is, maar dat ook eventuele blootstelling aan toxische stoffen tijdens de gebruiksfase risico's kan opleveren bij later hergebruik. Kobetičová (2017) laat zien dat hetzelfde voor ecotoxiciteit in bouwmaterialen geldt en dat dit een onderontwikkeld onderzoeksveld is, ook bij gebrek aan duidelijke methodes, modellen en data.

Gezonde materialen binnen HNN Gebouw

De indicator **Gezonde Materialen** is op dit moment niet goed meetbaar, bij gebrek aan duidelijke methodologieën en eenduidige en breed gehanteerde databases. Ook is er zeer beperkt data opgehaald in aanloop naar versie 1.0. Daarom wordt deze indicator binnen HNN Gebouw als **Begrip** geclassificeerd. Partijen worden met deze indicator uitgedaagd om inzichtelijk te krijgen of ze gecertificeerd/aantoonbaar gezonde materialen toepassen in gebouwen.

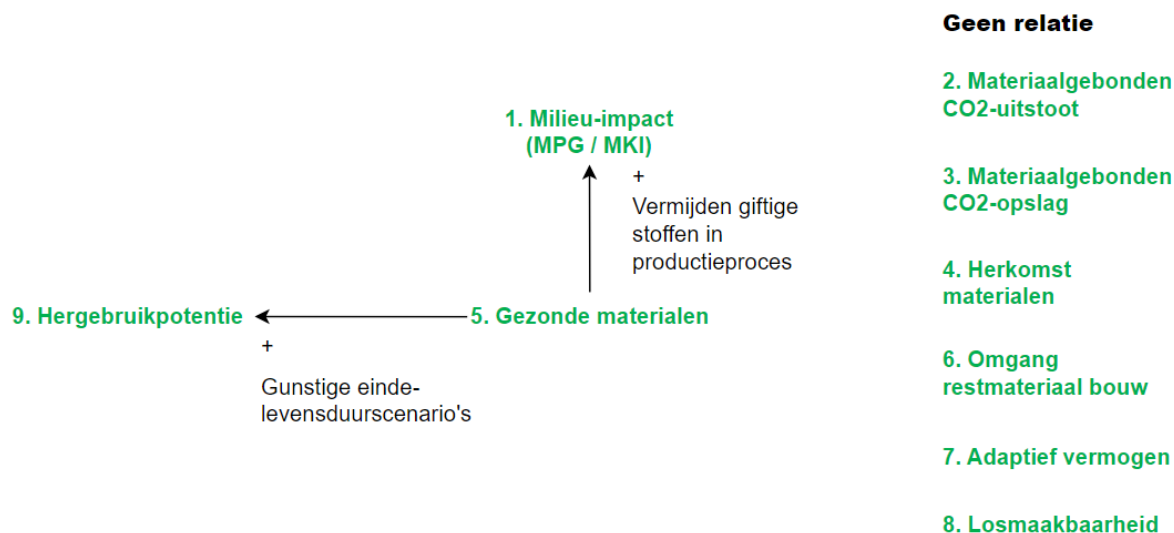
Gezonde materialen binnen HNN Infra

De indicator **Gezonde Materialen** is op dit moment niet goed meetbaar, bij gebrek aan duidelijke methodologieën en eenduidige en breed gehanteerde databases. Ook is er zeer beperkt data opgehaald in aanloop naar versie 1.0. Daarom wordt deze indicator binnen HNN Infra als **Begrip** geclassificeerd.

Binnen de GWW-sector zijn verontreinigde materialen een belangrijk thema vanwege grondverzet, het toepassen van toeslagmaterialen in o.a. beton en het toepassen van bijvoorbeeld betongranulaat als funderingsmateriaal. Hier wordt specifiek aandacht aan besteed in de leidraad van HNN Infra.

Relatie met andere indicatoren

Als er voor een project wordt gestuurd op **Gezonde materialen** beïnvloedt dit andere indicatoren binnen HNN. Deze (wederzijdse) relaties zijn weergegeven in figuur 20.



Figuur 13 | Relatie diagram tussen de indicator Gezonde materialen met andere HNN-indicatoren. Door te sturen op een verbeterde prestatie op deze indicator is een verbeterde (+) of verslechterde (-) prestatie op andere indicatoren aannemelijk.

Maatregelen op projectniveau

Uit de evaluaties komt naar voren dat de indicator **Gezonde materialen** in projecten nog beperkt wordt meegenomen. Wel worden biobased materialen (zonder behandelingen met toxische stoffen) genoemd, net als het voorkomen van toepassing van materialen met Vluchtige Organische Stoffen (VOS) die onder andere in kit, PUR-schuim, verf en de lijm van sommige plaatmaterialen verwerkt zijn.

In aanvulling hierop zijn er interventies die op organisatieniveau gepleegd kunnen worden om tot circulaire bouwprojecten te komen. Deze zijn verzameld in de **Interventie Toolbox**¹⁹.

Bronvermelding

- Crowther, P. (2005). DESIGN FOR DISASSEMBLY – THEMES AND PRINCIPLES. *Environment Design Guide*, 1–7. <http://www.jstor.org/stable/26149108>
- Egemose, C. W., Bastien, D., Fretté, X., Birkved, M., & Sohn, J. L. (2022). Human toxicological impacts in life cycle assessment of circular economy of the built environment: A case study of Denmark. *Buildings*, 12(2), 130.
- Guy, B., & Ciarimboli, N. (2005). Design for Disassembly in the Built Environment: a guide to close-looped design and building. In www.lifecyclebuilding.org. <https://www.lifecyclebuilding.org/docs/DfDseattle.pdf>
- Kobetičová, K., & Černý, R. (2017). Ecotoxicology of Building Materials: A Critical review of Recent studies. *Journal of Cleaner Production*, 165, 500–508. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.161>
- Stichting Nationale Milieudatabase. (2022). *Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken*. <https://milieudatabase.nl>

¹⁹ Beschikbaar via www.interventietoolbox.nl

Hoofdstuk 6. Omgang restmateriaal bouw & sloop

Binnen het doel van het beschermen van materiaalvoorraden (zie figuur 21) is het belangrijk om efficiënt om te gaan met de materialen die je toepast. Onderdeel hiervan is enerzijds het voorkomen dat restmateriaal gecreëerd wordt tijdens het bouwproces, en anderzijds om op een verantwoorde wijze om te gaan met vrijkomende restmaterialen. Hiervoor is de indicator **Omgang restmateriaal bouw** in HNN Gebouw opgenomen, en een aanvullende indicator **Omgang restmateriaal sloop** in HNN Infra. Deze indicatoren worden uitgevraagd op preventieve maatregelen en op basis van de massa van verschillende restmateriaalstromen en bestemming daarvan vanaf de bouwplaats.

Het Level(s) framework vanuit de Europese Unie hanteert indicator 2.2 *Construction & demolition waste and materials* (Europese Commissie, 2021). Onderdeel hiervan is het kwantificeren van de hoeveelheid afval in kilogram die wordt gegenereerd per m² bvo bij de bouw van een gebouw. Bij verdere ontwikkeling van de indicator **Omgang restmateriaal bouw** en de onderliggende methodiek wordt gekeken of deze hiermee geharmoniseerd kan worden. De samenhang tussen de indicatoren van HNN en Level(s) wordt beschreven in het paper **Samenhang HNN-Level(s)**.



Figuur 14 | Bijdrage van indicator Omgang restmateriaal bouw op de drie doelen van Circulair Bouwen (Platform CB'23, 2022)

Wat is er terug te vinden in geschreven bronnen?

Binnen HNN Gebouw wordt de focus gelegd op restmateriaal tijdens de bouwfase. In de wetenschappelijke literatuur worden vrijkomende materialen tijdens de sloop- en bouwfase meestal samengenomen in *Building Construction and Demolition Waste* (BCDW). Een review van Oluleye (2022) laat zien dat het wetenschappelijke veld rondom de combinatie van circulaire economie en BCDW zich sinds kort ontwikkelt. Het eerste artikel hierover dateert van 2014, maar het merendeel van de artikelen is geschreven sinds 2018. Dit wordt bevestigd door Ghisellini (2018) die concludeert dat de wetenschappelijke literatuur het tot dan toe vooral had over recycling van reststromen van bouw- en sloopprocessen, in plaats van over hergebruik en het verminderen op basis van de R-strategieën.

Omgang restmateriaal bouw binnen HNN Gebouw

De indicator **Omgang restmateriaal bouw** is opgenomen in HNN Gebouw om in de ontwerpfase een prikkel te geven om na te denken over het voorkomen van restmaterialen tijdens de bouwfase, en om tijdens de bouwfase te sturen op een verantwoorde omgang en herbestemming van restmateriaalstromen. Dit vraagt erom partijen hierop uit te dagen, maar niet om ze een administratieve last op te leggen. Tegelijkertijd is er niet één breed gedragen methodiek om reststromen te monitoren. Daarom wordt deze indicator als **Begrip** meegenomen in versie 1.0.

Er is een bewuste keuze gemaakt om binnen HNN Gebouw de focus te leggen op de bouwfase en niet op een eventuele sloop-/demontagefase in sloop-nieuwbouwprojecten. Deze zal in een toekomstige aparte leidraad *Het Nieuwe Normaal Sloop* opgenomen worden.

Omgang restmateriaal bouw & sloop binnen HNN Infra

De indicator **Omgang restmateriaal bouw** wordt binnen HNN Infra toegepast middels een inventarisatie van materiaalstromen en aantoonbare afspraken. Binnen HNN Infra wordt in aanvulling hierop de indicator **Omgang restmateriaal sloop** gehanteerd. In de infrasector is het gangbaar dat er bestaande infrastructuur wordt ontmanteld of gesloopt. Daarom is ervoor gekozen om deze binnen het Infra raamwerk mee te nemen. Beide indicatoren voor Omgang Restmateriaal Bouw en Sloop zijn als **Begrip** meegenomen in versie 1.0.

Relatie met andere indicatoren

Het sturen op **Omgang restmaterialen bouw** heeft geen directe invloed op andere indicatoren binnen HNN. Hiervoor is dan ook géén diagram opgenomen met de (wederzijdse) relaties.

Maatregelen op projectniveau

Uit de evaluaties komen onderstaande maatregelen om een bouwwerk te realiseren met een zo circulair mogelijke **Omgang restmaterialen bouw** naar voren. Omdat de mogelijke oplossingen variëren per projectfase zijn deze op basis hiervan gegroepeerd. Deze maatregelen dienen als inspiratie voor te nemen maatregelen binnen een project, dit is niet bedoeld als uitputtende lijst.

Maatregelen tijdens ontwerpfase:

- Geprefabriceerde elementen
- Standaardisatie van elementen & afmetingen
- Nauwkeuriger inkopen door BIM-ontwerp
- Op maat aanleveren materialen
- Ontwerp aanpassen op beschikbare materialen
- Stekkerbare elektra-installaties met exact benodigde lengte kabels

Maatregelen tijdens realisatiefase:

- Tijdens (grootschalig) bouwproject leren van ervaringen en tijdens project optimaliseren
- Hergebruik vrijkomende restmateriaal binnen project
- Vrijkomende materialen toepassen in andere projecten
- Vrijkomende materialen aanbieden voor hergebruik via een marktplaats
- Scheiding van restmateriaal op de bouwplaats
- Gesloten grondbalans, uitkomende grond toepassen binnen project

Afspraken tussen partijen:

- Afspraken met toeleveranciers voor minimaliseren verpakkingsmaterialen en/of retourname
- Afspraken met onderaannemers over retourname restmaterialen
- Afspraken met toeleveranciers over gebruik herbruikbare kratten i.p.v. dozen

In aanvulling hierop zijn er interventies die op organisatieniveau gepleegd kunnen worden om tot circulaire bouwprojecten te komen. Deze zijn verzameld in de **Interventie Toolbox**²⁰.

Bronvermelding

- European Commission. (2021). *Product Bureau | Circular Economy: Environmental and Waste Management*. <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/home>
- Ghisellini, P., Ripa, M., & Ulgiati, S. (2018). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178, 618-643.
- Oluleye, B. I., Chan, D. W., Saka, A. B., & Olawumi, T. O. (2022). Circular economy research on building construction and demolition waste: A review of current trends and future research directions. *Journal of Cleaner Production*, 357, 131927.

²⁰ Beschikbaar via www.interventietoolbox.nl

Hoofdstuk 7. Adaptief vermogen

Om de toekomstige waarde van bouwwerken te beschermen is het belangrijk om te zorgen dat de functionele levensduur zo veel mogelijk wordt opgerekt richting de technische levensduur, zie figuur 22. Om dit te bereiken kan een gebouw adaptief gerealiseerd worden, zodat deze zich kan aanpassen naar veranderende omstandigheden en toekomstige behoeftes. De definitie van **Adaptief vermogen** die wordt gehanteerd door Platform CB'23 (2022a) is: *alle eigenschappen die het mogelijk maken dat een bouwwerk op een manier die duurzaam en economisch rendabel is, zijn functionaliteit behoudt gedurende zijn technische levensduur, bij veranderende behoeften en omstandigheden.*



Figuur 15 | Bijdrage van indicator Adaptief vermogen op de drie doelen van Circulair Bouwen (Platform CB'23, 2022a)

De methodiek die wordt gehanteerd binnen HNN is de *Methode Adaptief Vermogen Gebouwen*. Deze methode is ontwikkeld door W/E adviseurs (2022a) en DGBC in opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO), als basis voor de instrumenten GPR Gebouw en BREEAM-NL. Bij deze methode wordt de *Rekentool Adaptief Vermogen* in Excel ingevuld, waarmee een indicatie wordt gegeven van het adaptief vermogen in een nog onbekende toekomst. Deze methode is toe te passen voor zowel kantoren als voor woningbouw.

De methode neemt op drie niveaus context/indicatoren mee (W/E adviseurs, 2022a):

- 1) De context qua gebruiksfunctie en gebiedstype;
- 2) 'Dragende' indicatoren op basis van de zes lagen²¹ van Brand (1994) die essentieel zijn voor adaptief vermogen;
- 3) Aanvullende indicatoren die niet-essentieel zijn voor adaptief vermogen.

De indicatoren worden gescoord op prestatie van 0 (slecht) tot 4 (beste). De scores op deze niveaus worden gewogen tot een relatieve score tussen de 0% (niet-adaptief) en 100% (volledig adaptief). W/E adviseurs geven aan dat een score van 25% overeenkomt met een 'normaal' gebouw (W/E adviseurs, 2022b).

De methode *Adaptief Vermogen Gebouwen* is door DGBC, W/E, Brink en OMRT begin 2024 doorontwikkeld naar een geharmoniseerde methode in versie 2.0²². Deze methode is gepubliceerd nadat deze Onderbouwing van Het Nieuwe Normaal is gefinaliseerd en is daarom nog niet in detail meegenomen.

Het Level(s) framework vanuit de Europese Unie hanteert indicator 2.3 *Design for adaptability and renovation* (Europese Commissie, 2021). De methodiek om te komen tot de indicator **Adaptief Vermogen** in HNN ligt

²¹ De lagen van Brand zijn toegelicht in de **Introductie**

²² Beschikbaar via [Methode Adaptief Vermogen Gebouwen versie 2.0](#)

hiermee in lijn. De samenhang tussen de indicatoren van HNN en Level(s) wordt beschreven in het paper [Samenhang HNN-Level\(s\)](#)²³.

Wat is er terug te vinden in geschreven bronnen?

Askar (2021) beschrijft dat het hanteren van *Design for Disassembly* (DfA) ervoor zorgt dat gebouwen minder snel verouderd en overbodig raken. Dit gebeurt door het oprekken van de functionele levensduur van zowel het gebouw als van de individuele onderdelen van het gebouw. Het oprekken van de functionele levensduur door te ontwerpen voor adaptief vermogen is van groot belang, aangezien de meeste gebouwen worden ontworpen op basis van korte-termijn voorspellingen qua gebruiksfunctie en vervolgens (geheel of deels) worden gesloopt vóórdát de technische levensduur is bereikt. De reden voor sloop zijn meestal veranderde functionele eisen vanuit de gebruiker (Durmisevic, 2006; Durmisevic, 2016).

De *Methode Adaptief Vermogen Gebouwen* is een deelopwerking van een bredere methode voor het bepalen van de toekomstwaarde van gebouwen door Hermans (2014) als eindrapport van een onderzoek door Brink Groep en CPI. In dat rapport wordt voorgesteld om de toekomstwaarde van een gebouw voor een investeerder te bepalen vanuit de perspectieven van adaptief vermogen, financieel rendement, en duurzaamheid. Voor het perspectief adaptief vermogen zijn inzichten vanuit destijds bestaande methodieken gehanteerd: FLEXIS, BREEAM-NL en GPR (Hermans, 2014).

FLEXIS is een methode uit 1998 om specifiek voor kantoorgebouwen de flexibiliteit te bepalen en hierover te kunnen communiceren (Geraedts, 2013). Sindsdien is deze methodiek door Geraedts verder uitgewerkt tot FLEX 4.0 om het adaptief vermogen van gebouwen te bepalen (Geraedts, 2016). Deze methode is toe te passen op elk type gebouw op basis van 12 algemeen toepasbare indicatoren die zijn verdeeld over de lagen van Brand (zie Hoofdstuk [Introductie](#)). In aanvulling hierop zijn er 32 indicatoren die van toepassing zijn op specifieke gebouwtypes, gebaseerd op praktijkonderzoek naar school- en kantoorgebouwen. Deze FLEX-methodes zijn verwerkt in de *Methode Adaptief Vermogen*.

Khadim (2022) laat zien dat FLEX 4.0 en de eerdere versies van deze methode de enige indicator van circulariteit voor gebouwen is die puur vanuit adaptief vermogen is opgebouwd. Dit betekent wel dat deze methode in samenhang met andere indicatoren moet worden beschouwd. Binnen HNN wordt de indicator in deze samenhang gepresenteerd.

In aanloop naar HNN versie 1.0 is een *challenge* uitgevoerd op de indicator [Adaptief vermogen](#) en hieruit volgen de volgende kanttekeningen:

- De *Methode Adaptief Vermogen* is origineel ontwikkeld op basis van utiliteitsgebouwen (zoals kantoren) en leent zich ook voor gestapelde woningbouw. Voor grondgebonden woningen leent de methodiek zich minder goed.
- Het invullen van de rekentool die aan de methodiek ten grondslag ligt en waarmee scores worden toegekend aan de sub-indicatoren is niet geheel eenduidig en objectief. Het risico is hiermee dat de uitkomsten niet onafhankelijk reproduceerbaar en vergelijkbaar zijn.

Adaptief vermogen binnen HNN Gebouw

De indicator [Adaptief vermogen](#) wordt binnen HNN Gebouw bepaald middels de *Methode Adaptief Vermogen*. Deze methode is nog in ontwikkeling en is voor gebouwtypes kantoor en gestapelde woningbouw beter toe te passen dan voor grondgebonden woningbouw. Ook is er beperkt data opgehaald in aanloop naar versie 1.0. Daarom wordt de indicator [Adaptief vermogen](#) binnen HNN Gebouw geclassificeerd als een [Indicatie](#).

Voor kantoorgebouwen is in de eerder genoemde *challenge* op de indicator [Adaptief vermogen](#) een haalbaar én ambitieus prestatieniveau vastgesteld van 40%. Voor gestapelde en grondgebonden woningen is géén prestatieniveau vastgesteld.

Aanpasbaarheid functie binnen HNN Infra

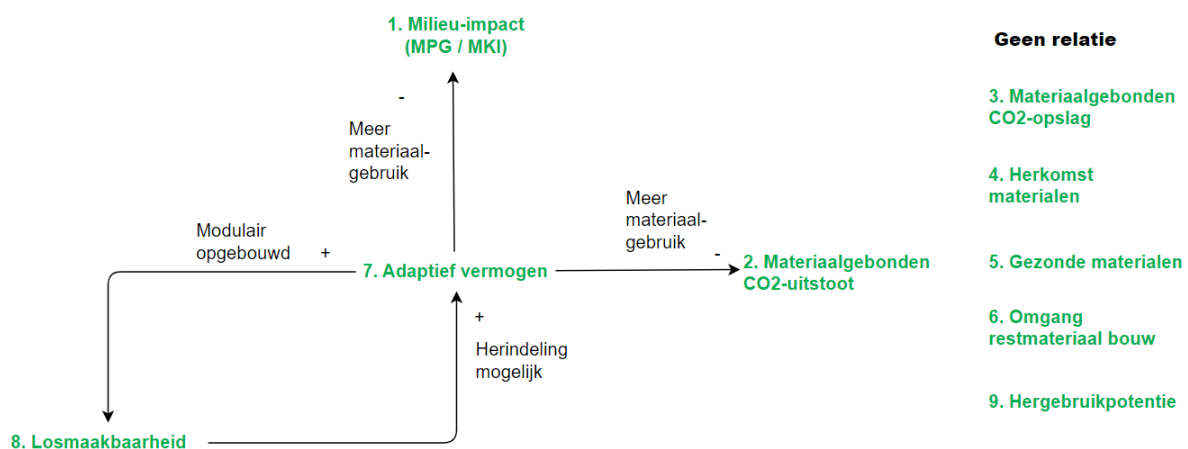
²³ Beschikbaar op hetnieuwenormaal.nl/verdieping/

Platform CB'23 (2022a) benoemt voor Adaptief Vermogen dat er een groot verschil is tussen de B&U-sector en de GWW-sector en raadt aan om hiervoor aparte normen te ontwikkelen. Binnen HNN Infra wordt dan ook een andere indicator in het raamwerk gehanteerd, namelijk de indicator **Aanpasbaarheid functie**. Deze indicator is als **Begrip** meegenomen binnen HNN Infra, bij gebrek aan een methodiek die zich leent voor de GWW-sector. Partijen worden hiermee uitgedaagd om inzichtelijk te krijgen of het ontwerp of project zich leent voor toekomstige aanpassingen in functie.

Het is de vraag op welke manier adaptief vermogen voor infrastructurele werken gewenst is en hoe dit afwijkt van de B&U-sector. Platform CB'23 (2022b) geeft aan dat aanpasbaarheid wenselijk kan zijn op het niveau van indelen, afstoten, uitbreiden en functieverandering. Coenen (2021) definieert specifiek voor bruggen vier indicatoren om de mate van circulariteit te beoordelen, waaronder een indicator aanpasbaarheid. In de doorontwikkeling van HNN Infra wordt dit onderwerp verder onderzocht.

Relatie met andere indicatoren

Als er voor een project wordt gestuurd op **Adaptief vermogen** beïnvloedt dit andere indicatoren binnen HNN. Deze (wederzijdse) relaties zijn weergegeven in figuur 23.



Figuur 16 | Relatie diagram tussen de indicator Adaptief vermogen met andere HNN-indicatoren. Door te sturen op een verbeterde prestatie op deze indicator is een verbeterde (+) of verslechterde (-) prestatie op andere indicatoren aannemelijk.

Maatregelen op projectniveau

Uit de evaluaties komen onderstaande maatregelen om een bouwwerk te realiseren met een groot **Adaptief vermogen** naar voren. Deze maatregelen dienen als inspiratie voor te nemen maatregelen binnen een project, dit is niet bedoeld als uitputtende lijst.

- Scheiding van gebouwlagen
- Losmaakbare detaillering
- Niet dragende tussenwanden realiseren voor vrije indeling plattegrond
- Kolommenstructuur toepassen voor vrije indeling plattegrond
- Grotere overspanningen realiseren dan vereist
- Gebouw demontabel ontwerpen
- Gebouw verplaatsbaar ontwerpen
- Remontabele gevel realiseren t.b.v. eventuele uitbreiding
- Meterkasten opnemen in centrale corridor i.p.v. in woningplattegrond
- Kabel- en leidingschachten verwerken in centrale kern
- Leidingwerk verwerken onder verwijderbare topvloer
- Overdimensioneren van draagconstructie
- Overdimensioneren van ruimtereservering installaties en kabelschachten

Enkele maatregelen zullen leiden tot een verslechterde prestatie op indicatoren zoals **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** of **Materiaalgebonden CO₂-uitstoot**, bijvoorbeeld bij het verhogen van de verdiepingshoogte

of het overdimensioneren van de draagconstructie. Dit illustreert dat hierbij een bewuste afweging gemaakt moet worden.

Naast technische/constructieve maatregelen zijn ook maatregelen van juridische/contractuele aard relevant. Een voorbeeld hiervan is het alvast reserveren van aanvullende adressen om woningsplitsing in de toekomst mogelijk te maken.

In aanvulling hierop zijn er interventies die op organisatieniveau gepleegd kunnen worden om tot circulaire bouwprojecten te komen. Deze zijn verzameld in de **Interventie Toolbox**²⁴.

Bronvermelding

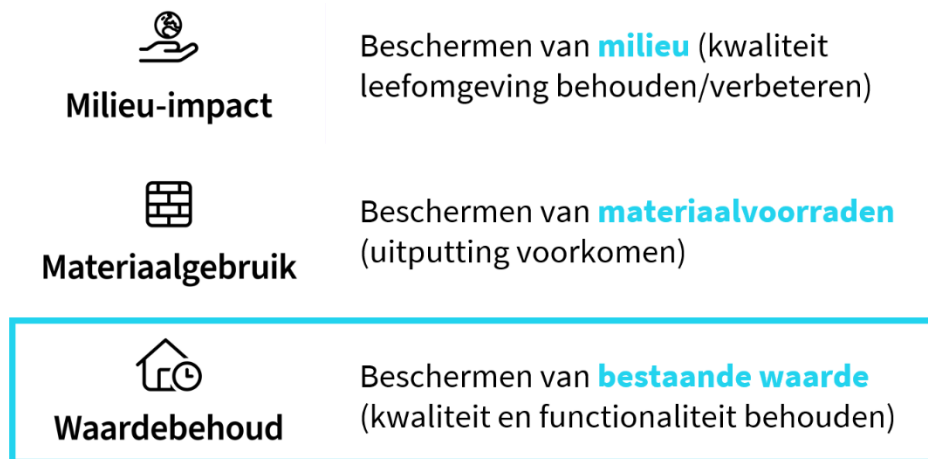
- Askar, R., Bragança, L., & Gervásio, H. (2021). Adaptability of buildings: A critical review on the concept evolution. *Applied sciences*, 11(10), 4483.
- Brand, S. (1995). *How buildings learn: What happens after they're built*. Penguin.
- Coenen, T. B., Santos, J., Fennis, S. A., & Halman, J. I. (2021). Development of a bridge circularity assessment framework to promote resource efficiency in infrastructure projects. *Journal of industrial ecology*, 25(2), 288-304.
- European Commission. (2021). *Product Bureau | Circular Economy: Environmental and Waste Management*. <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/home>
- Geraedts, R. P. (2013). Adaptief vermogen: Brononderzoek-literatuurinventarisatie. Eindrapportage fase 1.
- Geraedts, R. (2016). FLEX 4.0, a practical instrument to assess the adaptive capacity of buildings. *Energy Procedia*, 96, 568-579.
- Hermans (2014) Gebouwen met toekomstwaarde! Het bepalen van de toekomstwaarde van gebouwen vanuit het perspectief van adaptief vermogen, financieel rendement en duurzaamheid <http://resolver.tudelft.nl/uuid:f0555f9d-f2a1-45ad-9fc3-99536caa4fba>
- Khadim, N., Agliata, R., Marino, A., Thaheem, M. J., & Mollo, L. (2022). Critical review of nano and micro-level building circularity Indicators and Frameworks. *Journal of Cleaner Production*, 357, 131859. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131859>
- Platform Circulair Bouwen 2023 [CB'23]. (2022a). Leidraad Meten van Circulariteit v3.0. In <https://platformcb23.nl/actieteams/archief/meten-van-circulariteit#:~:text=Leidraad%20is%20gereed,meetmethodiek%20en%20een%20verantwoordingdocument%20opgesteld>.
- Platform Circulair Bouwen 2023 [CB'23]. (2022b). Leidraad Toekomstig hergebruik v1.0. In <https://platformcb23.nl/actieteams/lopend/toekomstig-hergebruik>.
- Stichting W/E adviseurs. (2023, 27 maart). *Verkenning MPG-score <= 0,5*. w-e.nl. <https://www.w-e.nl/project/stichting-w-e-adviseurs-publiceert-resultaten-van-verkenning-mpg-score-%E2%89%A4-05/>

²⁴ Beschikbaar via www.interventietoolbox.nl

Hoofdstuk 8. Losmaakbaarheid

Losmaakbaarheid biedt inzicht in de mate waarin producten, onderdelen en materialen onderling losmaakbaar zijn. Platform CB'23 (2022a) definieert losmaakbaarheid als: “de mate waarin een samengesteld materiaal (3.47), bouwproduct (3.10) of element (3.23) niet-destructief uit elkaar is te halen” en beschrijft dat losmaakbaarheid hierdoor een grote rol speelt in de hergebruikpotentie. Deze potentie kan aan het eind van de levenscyclus benut worden en draagt bij aan het beschermen van bestaande waarde, zie figuur 24. Losmaakbaarheid wordt in HNN uitgedrukt in een percentage %.

Een aanvullend voordeel van een hoge mate van losmaakbaarheid is het faciliteren van vervanging van elementen tijdens de levensduur van een gebouw (Andrade, 2019). Dit wordt in HNN gevat in de indicator **Adaptief vermogen**, waarmee de functionele levensduur van een gebouw wordt verhoogd (Khadim, 2023).



Figuur 17 | Bijdrage van indicator Losmaakbaarheid op de drie doelen van Circulair Bouwen (Platform CB'23, 2022)

Het Level(s) framework vanuit de Europese Unie hanteert indicator 2.4 *Design for deconstruction, reuse and recycling* (Europese Commissie, 2021). Onderdeel hiervan is het beoordelen van de losmaakbaarheid van een gebouw. De methodiek om te komen tot de indicator **Losmaakbaarheid** in HNN ligt hiermee in lijn, maar deze zijn nog niet uitvoerig vergeleken. De samenhang tussen de indicatoren van HNN en Level(s) wordt ook beschreven in het paper **Samenhang HNN-Level(s)**²⁵.

Wat is er terug te vinden in geschreven bronnen?

Losmaakbaarheid kan als indicator fungeren voor het bouw- en ontwerpprincipe *Design for Disassembly* (DfD), wat is gedefinieerd als: “het ontwerpen van gebouwen met het doel toekomstige aanpassing te faciliteren en om bij uiteindelijke ontmanteling (geheel of deels) het mogelijk te maken systemen, elementen en materialen terug te winnen. Dit ontwerpproces omvat de samenstellingen, elementen, materialen, bouwtechnieken en informatie- en managementsystemen om dit doel te bereiken” (Guy, 2005; Chiodo, 2005). Het kwantitatief evalueren van deze indicator is een wetenschappelijk onderzoeksveld dat nog altijd in ontwikkeling is (Khadim, 2023).

Losmaakbaarheid als indicator zoals deze op dit moment wordt toegepast vindt zijn oorsprong in het werk van Durmisevic (2006). Hierin wordt de losmaakbaarheid per bouwlaag van een gebouw geëvalueerd door de losmaakbaarheid te bepalen van de producten/elementen die hierin verwerkt zijn (Durmisevic, 2006). Deze bepaling wordt gedaan met behulp van factoren voor ontwerpaspecten die op semi-kwantitatieve wijze zijn vastgesteld door Durmisevic (Khadim, 2023). In essentie zijn deze factoren vastgesteld op basis van het volgende (Durmisevic, 2006):

- 0,1 - 0,3: het product/element wordt vernield en is niet meer her te gebruiken.
- 0,3 - 0,6: het product/element wordt deels vernield en is mogelijk her te gebruiken.

²⁵ Beschikbaar op hetnieuwenormaal.nl/verdieping/

- 0,6 - 0,9: het product/element blijft intact en is mogelijk her te gebruiken of opnieuw te assembleren.

Deze factoren uit 2006 worden nog altijd toegepast bij huidige meetmethodieken die worden toegepast in Nederland: de meetmethodiek van de Dutch Green Building Council (DGBC, 2021) en de *Beoordelingsmethodiek losmaakbaarheid in de GWW* (Witteveen+Bos, 2023). Bij deze methodieken wordt de losmaakbaarheid op product/-elementniveau bepaald door de factoren van Durmisevic toe te passen op vier aspecten: het type verbinding, de toegankelijkheid van de verbinding, eventuele doorkruisingen en de randopsluiting. De meetmethodiek van de DGBC (2021) is de basis voor de losmaakbaarheidsindex uit de *Building Circularity Index* (BCI) (Alba Concepts, 2022).

In de meetmethodieken van de DGBC (2021) wordt de losmaakbaarheid op gebouwniveau bepaald door de losmaakbaarheid van de individuele elementen te wegen met de MKI-waarde van deze elementen (DGBC, 2021). Een optionele stap, welke binnen HNN wordt toegepast, is om de losmaakbaarheid per bouwlaag (zie Hoofdstuk **Introductie**) te bepalen. Deze bouwlagen hebben elk een eigen verwachte levensduur. Door deze losmaakbaar van elkaar te realiseren is het mogelijk om voor de bouwlagen met een relatief korte levensduur vervanging te faciliteren zonder andere bouwlagen te beschadigen of te slopen (Khadim, 2023).

Losmaakbaarheid binnen HNN Gebouw

Is Losmaakbaarheid goed meetbaar?

Er zijn eenduidige methodes beschikbaar die in Nederland worden toegepast en tot één getal leiden (DGBC, 2021; Alba Concepts, 2022). Deze zijn in de basis gebaseerd op semi-kwantitatief bepaalde factoren (Durmisevic, 2006) om de mate van losmaakbaarheid te evalueren op de aspecten type verbinding, de toegankelijkheid van de verbinding, eventuele doorkruisingen, en de randopsluiting. Er ligt nog een kans als dit met wetenschappelijk onderzoek gevalideerd wordt. Op basis hiervan wordt de indicator Losmaakbaarheid binnen HNN geclassificeerd als een **Standaard**.

Wat is een haalbaar en ambitieus prestatieniveau voor Losmaakbaarheid?

Tabel 12 presenteert de uitkomsten van de data-analyse voor de indicator **Losmaakbaarheid** in % binnen HNN Gebouw, inclusief de resulterende prestatieniveaus. Voor deze indicator is data beschikbaar vanuit de BCI Gebouw database en zeer beperkt vanuit evaluaties. Daarom zijn de prestatieniveaus bepaald met *expert judgment* op basis van de beschikbare data. Op basis van de uitgevoerde analyse wordt gesteld dat deze prestatieniveaus op dit moment **ambitieuw én haalbaar** zijn in de Nederlandse bouwsector.

Tabel 12 | Uitkomsten data-analyse voor Losmaakbaarheid in % (HNN Gebouw)

Projectsoort	Woningbouw		Utiliteitsbouw
	Grondgebonden	Gestapeld	Kantoren
HNN Evaluaties	5	3	1
Aanvullende bronnen	1	-	-
BCI Gebouw	180	40	64
Totaal	186	43	65
Boxplot	(alléén BCI Gebouw data beschikbaar)	(alléén BCI Gebouw data beschikbaar)	(alléén BCI Gebouw data beschikbaar)
Prestatieniveau	≥ 55%	≥ 50%	≥ 55%

Losmaakbaarheid binnen HNN Infra

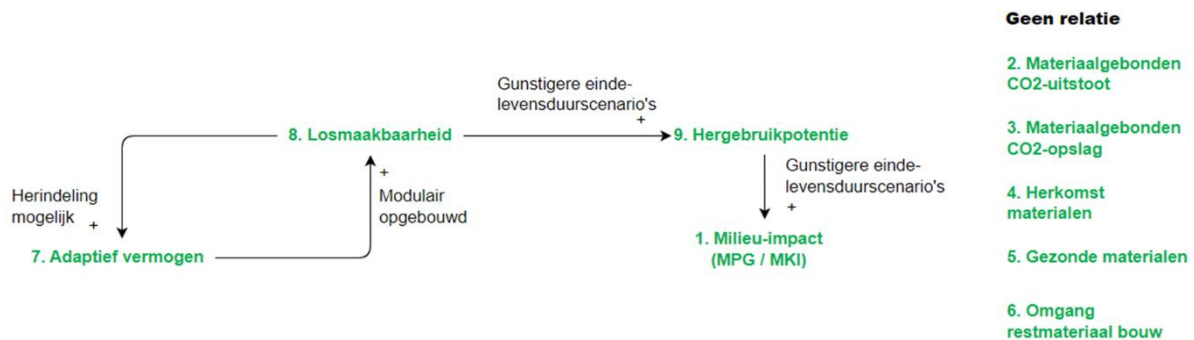
De indicator **Losmaakbaarheid** binnen HNN Infra wordt bepaald met een methodiek die specifiek op de GWW-sector is toegespitst: de *Beoordelingsmethodiek losmaakbaarheid in de GWW*. De eerste versie van deze methodiek is geschreven door Witteveen+Bos (2023) en Alba Concepts in opdracht van het Transitieteam Circulaire Bouweconomie en wordt op dit moment verder ontwikkeld. Ook deze methode is in basis gebaseerd op semi-kwantitatief bepaalde factoren (Durmisevic, 2006) om de mate van losmaakbaarheid te evalueren op

de aspecten type verbinding, de toegankelijkheid van de verbinding, eventuele doorkruisingen, en de randopsluiting. Er ligt nog een kans als deze middels wetenschappelijk onderzoek zou worden gevalideerd.

Deze indicator is als **Indicatie** geclassificeerd binnen HNN Infra: er is een methodiek beschikbaar, maar deze is nog in ontwikkeling en er zijn nog geen datapunten beschikbaar. Hiervoor zijn géén prestatieniveaus gedefinieerd.

Relatie met andere indicatoren

Als er voor een project wordt gestuurd op losmaakbaarheid heeft dit ook invloed op andere indicatoren binnen HNN. Deze (wederzijdse) relaties zijn weergegeven in figuur 25.



Figuur 18 | Relatie diagram tussen de indicator Losmaakbaarheid met andere HNN-indicatoren. Door te sturen op een verbeterde prestatie op deze indicator is een verbeterde (+) of verslechterde (-) prestatie op andere indicatoren annemelijk.

Maatregelen op projectniveau

Uit de evaluaties komen onderstaande maatregelen om een bouwwerk te realiseren met een grote **Losmaakbaarheid** naar voren. Omdat de mogelijke oplossingen variëren per gebouwlaag zijn deze op basis hiervan gegroepeerd. Deze maatregelen dienen als inspiratie voor te nemen maatregelen binnen een project, dit is niet bedoeld als uitputtende lijst.

Algemeen

- Toepassen van droge verbindingen
- Het scheiden van gebouwlagen
- Toepassen prefab elementen/componenten
- Ruwbouw handhaven als afbouw
- Hanteren van standaard afmetingen van elementen/componenten
- Borgen van toegankelijkheid van verbindingen en elementen/componenten
- Losmaakbaarheid meenemen in Trade-Off Matrix bij ontwerpkeuzes

Draagconstructie

- Uitvoeren in houtskeletbouw
- Uitvoeren in massiefhoutbouw met CLT
- Uitvoeren in demontabele staalconstructie

Gevel

- Toepassen van losmaakbare/modulaire gevelelementen
- Toepassen van niet-dragende vliesgevel
- Droogstapelen van bakstenen
- Toepassen geschroefde natuurstenen gevel

Installaties

- Opbouwen van flexibele en bereikbare installaties
- Realiseren zonder doorkruisingen
- Leasen van installaties

- Overdimensioneren van installatieschachten

Inbouw

- Realiseren van losmaakbaar inbouwpakket
- Toepassen van kanaalplaatvloeren
- Afwerking binnenwanden zichtbaar schroeven
- Toepassen droge ballast

In aanvulling hierop zijn er interventies die op organisatieniveau gepleegd kunnen worden om tot circulaire bouwprojecten te komen. Deze zijn verzameld in de **Interventie Toolbox**²⁶.

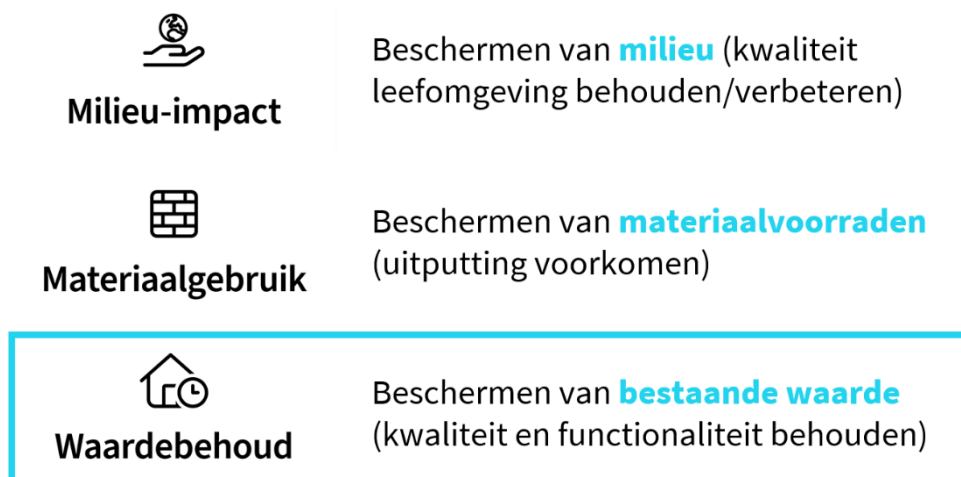
Bronvermelding

- Andrade, J. B., & Bragança, L. (2019). Assessing buildings' adaptability at early design stages. IOP conference series, 225, 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012012>
- Alba Concepts. (2022, 15 maart). Meetmethode Circulair vastgoed: Building Circularity Index. <https://bcigebouw.nl/>
- Chiodo, J. (2015). Design for disassembly guidelines. Active Disassembly. http://www.activedisassembly.com/guidelines/ADR_050202_DFD-guidelines.pdf
- Durmisevic, E. (2006). Transformable Building Structures - Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction [PhD-Proefschrift]. Technische Universiteit Delft.
- Dutch Green Building Council. (2021). Circular Buildings - een meetmethodiek voor losmaakbaarheid. In www.dgbc.nl (V2.0). <https://www.dgbc.nl/publicaties/circular-buildings-een-meetmethodiek-voor-losmaakbaarheid-v20-41>
- Europese commissie (2021), Level(s) Common Framework, <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/home>
- Guy, B., & Ciarimboli, N. (2005). Design for Disassembly in the Built Environment: a guide to close-looped design and building. In www.lifecyclebuilding.org. <https://www.lifecyclebuilding.org/docs/DfDseattle.pdf>
- Khadim, N., Agliata, R., Marino, A., Thaheem, M. J., & Mollo, L. (2022). Critical review of nano and micro-level building circularity Indicators and Frameworks. Journal of Cleaner Production, 357, 131859. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131859>
- Khadim, N., Agliata, R., Thaheem, M. J., & Mollo, L. (2023). Whole Building Circularity Indicator: A Circular Economy assessment framework for promoting circularity and sustainability in buildings and construction. Building and Environment, 241, 110498. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110498>
- Platform Circulair Bouwen 2023 [CB'23]. (2022a). Leidraad Meten van Circulariteit v3.0. In <https://platformcb23.nl/actieteams/archief/meten-van-circulariteit#:~:text=Leidraad%203.0%20is%20gereed,meetmethodiek%20en%20een%20verantwoordingdocument%20opgesteld>.
- Platform Circulair Bouwen 2023 [CB'23]. (2022b). Leidraad Toekomstig hergebruik v1.0. In <https://platformcb23.nl/actieteams/lopend/toekomstig-hergebruik>.
- van Vliet, M. M. (2018). Disassembling the steps towards building circularity - redeveloping the building disassembly assessment method in the building circularity indicator [Masterscriptie]. Technische Universiteit Eindhoven.
- Witteveen + Bos. (2023). Beoordelingsmethode losmaakbaarheid in de GWW (V1.0). https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2023/02/128350_23-002.604_rep_fin_Versie-1.0-Tool-voor-ontwerpers-1.pdf

²⁶ Beschikbaar via www.interventietoolbox.nl

Hoofdstuk 9. Hergebruikpotentie

Hergebruikpotentie geeft inzicht in de mate waarin de materialen in een bouwwerk aan het einde van hun levensduur hergebruikt kunnen worden en draagt hiermee bij aan het doel van het beschermen van bestaande waarde (Platform CB'23, 2022). De indicator **Hergebruikpotentie** wordt in HNN gemeten in massa-% van de totale materialen in het gebouw wat in de toekomst hergebruikt of gerecycled wordt, in tegenstelling tot de afvalstromen richting verbranding en stort. Dit wordt bepaald op basis van de verwerkingsscenario's einde levensduur die in Environmental Product Declarations (EPD's) o.b.v. levenscyclusanalyses (LCA's) van de producten/materialen zijn vastgelegd. De milieuprofielen, EPD's, LCA's en eindelevensduurscenario's zoals door de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouw worden gehanteerd zijn toegelicht bij de indicator **Milieuprestatie Gebouw (MPG)**.



Figuur 19 | Bijdrage van indicator Hergebruikpotentie op de drie doelen van Circulair Bouwen (Platform CB'23, 2022)

Kanttekening bij de indicator **Hergebruikpotentie** is dat deze op het forfaitaire verwerkingsscenario einde levensduur is gebaseerd, welke op de huidige stand van techniek zijn gebaseerd. Deze komen potentieel niet overeen met hoe in de toekomst met materialen omgegaan zal worden. Wel hebben leveranciers de mogelijkheid van het forfaitaire verwerkingsscenario einde leven af te wijken, mits een erkende LCA-expert dit als voldoende onderbouwd ziet.

De indicator **Hergebruikpotentie** zoals deze wordt gehanteerd in HNN wijkt af van de indicator in de nieuwste versie van Platform CB'23 (2022). Ten tijde van versie 2.0 van de Leidraad Meten van Circulariteit van Platform CB'23 werd dit uitgedrukt in een indicator *Hoeveelheid beschikbaar materiaal voor volgende cyclus (output)* in de vorm van hergebruik of recycling (Platform CB'23, 2020). In versie 3.0 is een indicator *Hergebruikpotentie* opgenomen die per gebouwelement/-product bepaalt in hoeverre deze niet bruikbaar, recyclebaar, laagwaardig herbruikbaar of 1 keer, 3 keer of oneindig herbruikbaar is. Daarmee hangt deze CB'23-indicator ook samen met losmaakbaarheid en adaptief vermogen. Bij deze CB'23-indicator is expliciet aangegeven dat deze nog verder moet worden gekwantificeerd. Binnen HNN is gekozen om overlap tussen de verschillende indicatoren te beperken en is de nieuwe definitie van hergebruikpotentie door CB'23 niet overgenomen.

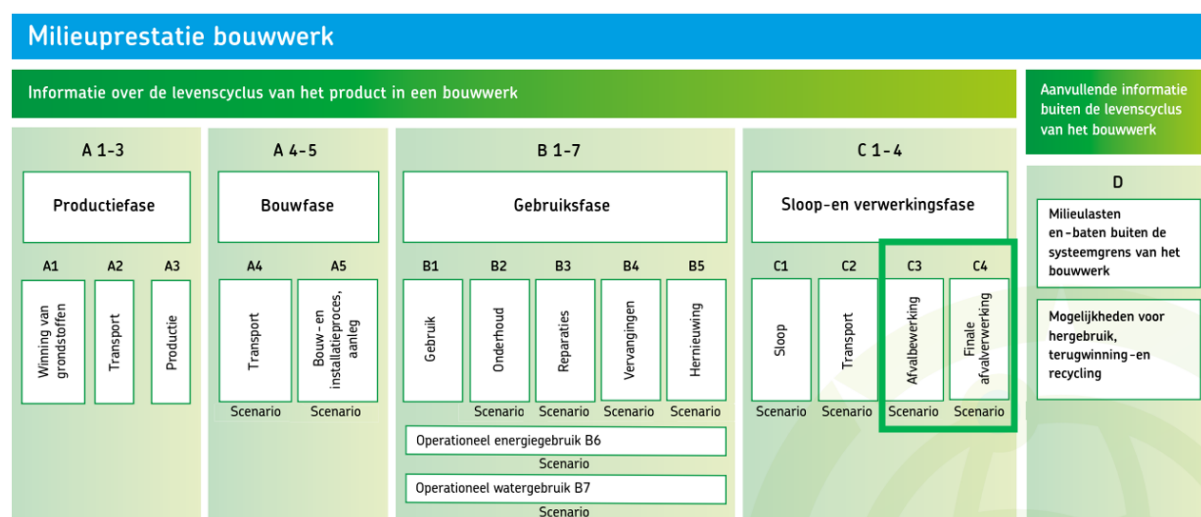
Het Level(s) framework vanuit de Europese Unie hanteert indicator 2.4 *Design for deconstruction, reuse and recycling* (Europese Commissie, 2021). Onderdeel hiervan is het beoordelen van de mate waarin elementen en materialen in een gebouw in de toekomst te hergebruiken of recyclen zijn. Hierbij wordt de samenhang gezocht met onder andere losmaakbaarheid om dat hergebruik of recycling te faciliteren. De methodiek om te komen tot de indicator **Hergebruikpotentie** in HNN is gebaseerd op EPD's en forfaitaire eindelevensduurscenario's en wijkt daardoor af van deze Level(s) indicator. De samenhang tussen de indicatoren van HNN en Level(s) wordt ook beschreven in het paper **Samenhang HNN-Level(s)**²⁷.

²⁷ Beschikbaar op hetnieuwenormaal.nl/verdieping/

Wat is er terug te vinden in geschreven bronnen?

Het Nederlandse milieuprestatiestelsel op basis van de Bepalingsmethode waarmee de **Hergebruikpotentie** indicator wordt bepaald is zeer specifiek Nederlandse context en wordt daardoor beperkt besproken in de wetenschappelijke literatuur. Wel zijn er veel wetenschappelijke artikelen over het bepalen van milieu-impact middels LCA-methodieken, zoals voorgeschreven door de Europese norm EN15084+A2. Beschouwing van deze literatuur is te diepgaand voor deze onderbouwing van de **Hergebruikpotentie** zoals toegepast in de Nederlandse context.

De toekomstige **Hergebruikpotentie** van materialen gaat over fases C3 en C4 zoals die in Environmental Product Declarations (EPD's) van bouwproducten/-materialen worden gedeclareerd, zie figuur 27. Met behulp van deze EPD's worden de milieuprofielen in de Nationale Milieudatabase (NMD) vastgesteld conform de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouw (NMD, 2022). Omdat de milieuprofielen in de NMD alleen de milieukosten rapporteren en niet de onderliggende hoeveelheden en materiaalstromen zijn voor het bepalen van de Hergebruikpotentie de onderliggende EPD's benodigd.



Figuur 20 | Levenscyclus van bouwproducten in de Nationale Milieudatabase (NMD, 2022)

Onderzoek van TNO (Fraanje, 2021) laat zien dat de berekening van de milieu-impact binnen Module D die in de praktijk worden toegepast uiteenlopen door verschillen in aannames, interpretaties en verwerkingsscenario's einde leven die worden gekozen. Omdat de daadwerkelijke verwerking van de materialen in de (verre) toekomst liggen is het onzeker of het scenario gevolgd zal worden. Bovendien worden sommige type materialen op basis van het huidige forfaitair scenario verbrand of gestort, terwijl deze in de praktijk (en in de toekomst) hoogstwaarschijnlijk zullen worden hergebruikt. In het geval van hout gaat het huidige forfaitaire scenario uit van 80% verbranding, terwijl bijvoorbeeld houten CLT-balken zich goed lenen voor toekomstig hergebruik.

Op basis van dit onderzoek concludeert TNO (Fraanje, 2021) dat er nadere richtlijnen en instructies nodig zijn voor de levenscyclusfases die in de toekomst plaatsvinden én dat de forfaitaire verwerkingsscenario's einde leven beter op de praktijk aansluiten en op regelmatige basis worden bijgewerkt. Voor de indicator **Hergebruikpotentie** binnen HNN is dit specifiek relevant omdat hierbij uitgegaan wordt van de forfaitaire scenario's.

Door de Gideon beweging (2022) zijn aandachtspunten geformuleerd voor het huidige Nederlandse milieuprestatiestelsel, zoals ook behandeld bij de indicator **Milieuprestatie Gebouw (MPG)**. Hiervan zijn de volgende punten specifiek relevant voor de indicator **Hergebruikpotentie**:

- Het verbeteren van de onderbouwing van eindelevensduurscenario's (module C) en hergebruiksscenario's (module D) met betrekken tot de verwerking van bouwmaterialen aan het einde van de levensduur. Hiervoor worden voor materialen forfaitaire scenario's voorgeschreven en deze

zijn voor bepaalde materialen ongunstig ten opzichte van andere materialen. In het geval van hout wordt bijvoorbeeld voorzien dat dit voor het grootste gedeelte wordt verbrand en niet kan worden hergebruikt, terwijl dit een onwaarschijnlijk scenario is (Cityförster, 2022).

- Zorg voor toetsing van de MPG-waarde ten tijde van realisatie. Voor woningen en kantoren wordt de MPG verplicht gesteld met een grenswaarde. Deze wordt op dit moment alléén gecontroleerd ten tijde van de omgevingsvergunningsaanvraag, en daarmee alleen op basis van het ontwerp en wanneer meestal de definitieve productkeuzes nog niet gemaakt zijn (Cityförster, 2022). Bovendien worden deze MPG-berekeningen beperkt getoetst door de vergunningsverlener. Of het gebouw bij realisatie de beloofde MPG-waarde (en daarmee milieu-impact) daadwerkelijk behaald wordt niet getoetst. Dit aandachtspunt wordt ook benoemd door Cityförster (2022).

Hergebruikpotentie binnen HNN Gebouw

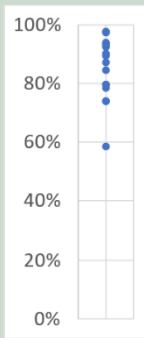
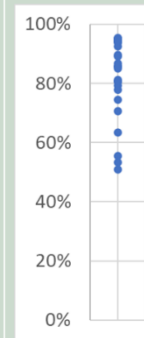
De methodiek van de indicator **Hergebruikpotentie** is gebaseerd op onderliggende rapporten van de milieuprofielen uit de NMD die gebaseerd zijn op forfaitaire eindelevensduurscenario's, waar alleen met instemming van een LCA-expert van afgeweken kan worden. In het algemeen blijft deze indicator een inschatting van een toekomstig scenario wat buiten de directe invloed van de ontwerper/aannemer valt. Op basis hiervan wordt de indicator **Hergebruikpotentie** binnen HNN Gebouw geclassificeerd als een **Indicatie**. In aanloop naar HNN versie 1.0 zijn te weinig datapunten beschikbaar gekomen om tot een prestatieniveau te komen.

Hergebruikpotentie binnen HNN Infra

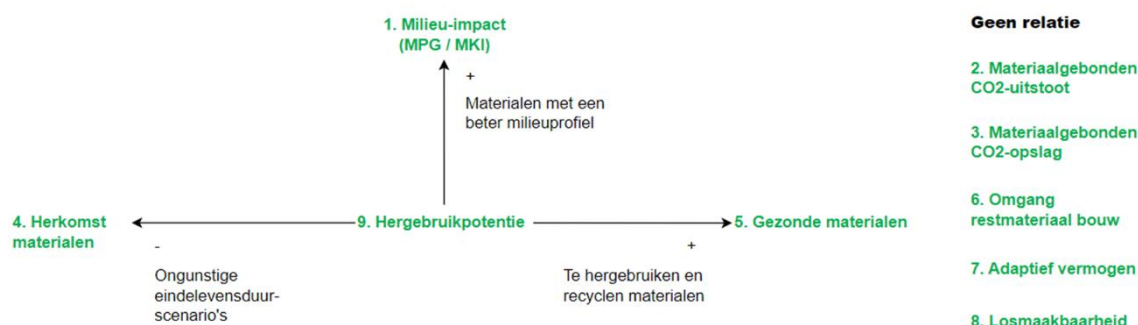
De methodiek van de indicator **Hergebruikpotentie** is gebaseerd op onderliggende rapporten van de milieuprofielen uit de NMD die gebaseerd zijn op forfaitaire eindelevensduurscenario's, waar alleen met instemming van een LCA-expert van afgeweken kan worden. In het algemeen blijft deze indicator een inschatting van een toekomstig scenario wat buiten de directe invloed van de ontwerper/aannemer valt. Op basis hiervan wordt de indicator **Hergebruikpotentie** binnen HNN Infra geclassificeerd als een **Indicatie**.

Tabel 13 laat de resultaten van de data-analyse zien voor de indicator **Hergebruikpotentie** voor HNN Infra, inclusief de resulterende prestatieniveaus voor twee projectsoorten. Op basis van de uitgevoerde analyse wordt gesteld dat deze prestatieniveaus op dit moment realistische richtgetallen zijn voor de Nederlandse GWW-sector.

Tabel 13 | Uitkomsten data-analyse voor Hergebruikpotentie (HNN Infra)

Projectsoort	Wegen		Openbare ruimte	Kunstwerken		
	Hoofd- en stroomwegen	Gebieds-ontsluitings-wegen	Inrichting publieke ruimte	Beweegbare bruggen	Vaste bruggen	Tunnels
HNN Evaluaties	-	-	5	-	-	-
Dashboard DGWW	-	-	-	-	-	-
DuboCalc	-	-	-	-	-	-
Witteveen+Bos	-	-	-	16	25	-
Totaal	-	-	-	16	25	-
Puntenwolk	(geen data)	(geen data)	(te weinig data)			(geen data)
Prestatie-niveau	-	-	-	≥ 85%	≥ 86%	-

Relatie met andere indicatoren



Figuur 21 | Relatie diagram tussen de indicator Hergebruikpotentie met andere HNN-indicatoren. Door te sturen op een verbeterde prestatie op deze indicator is een verbeterde (+) of verslechterde (-) prestatie op andere indicatoren annemelijk.

Maatregelen op projectniveau

In de evaluaties worden vele verschillende materialen en (merk)producten genoemd die zorgen voor een grote hergebruikpotentie. In hoeverre deze aansluiten bij een hoge hergebruikpotentie conform de methodiek zoals gehanteerd in HNN is niet bekend, deze lijst wordt hier dan ook niet opgenomen. Een belangrijke maatregel die direct op **Hergebruikpotentie** betrekking heeft is de afspraak van een terugnamegarantie voor producten zoals kanaalplaatvloeren, binnenwanden en kalkzandsteen. Verder wordt voor een grote hergebruikpotentie een hoge score op de indicator **Losmaakbaarheid** veelvuldig genoemd als een randvoorwaarde.

Bronvermelding

- Cityföörster. (2022). Carbon-based Design. In <https://circulairebouweconomie.nl/wp-content/uploads/2021/10/Carbon-Based-Design.pdf>
- European Commission. (2021). Product Bureau | Circular Economy: Environmental and Waste Management. <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/home>

- Fraanje, P. J., Ewijk, H., Godoi Bizarro, D., Keijzer, E., Kraaijenbrink, R., Leeuwen, M. V., & Opdrachtgever Stichting TNO (2021). Onderzoek nadere duiding van de baten en lasten in module D van de Bepalingsmethode milieuprestatie bouwwerken.
- Gideon. (2022). *Effectiever sturen op milieu-impact in de bouw*. gideonstribenl. https://www.gideonstribenl/_files/ugd/fa1ece_24bc305ebae24ff5a87d0530f59887d5.pdf
- Platform Circulair Bouwen. (2022). *Meten van circulariteit*. <https://platformcb23.nl/actieteams/archief/meten-van-circulariteit#:~:text=Leidraad%203.0%20is%20gereed,meetmethodiek%20en%20een%20verantwoordingsdocument%20opgesteld>



Het Nieuwe Normaal

www.hetnieuwenormaal.nl