

Kennisbank Biobased Bouwen

DOELSTELLINGEN | REDUCTIE CO₂, STIKSTOF

Samenvatting

CO₂-uitstoot en reductie

- Scopes (volgens GHG Protocol):
 - Scope 1: Directe uitstoot (bijv. verbranding op locatie).
 - Scope 2: Indirecte uitstoot van ingekochte energie.
 - Scope 3: Ketengerelateerde uitstoot (upstream/downstream); meestal het grootst bij biobased materialen.
- Soorten CO₂:
 - Biogene CO₂: Uit biomassa; mogelijk klimaatneutraal bij duurzame teelt.
 - Fossiele CO₂: Uit fossiele brandstoffen.
 - Proces- en vervoersgerelateerde emissies zijn aanvullend relevant.
- Voordelen biobased materialen:
 - Minder CO₂-uitstoot dan fossiele materialen.
 - Planten nemen CO₂ op (koolstofvastlegging).
 - CO₂-belasting maakt biobased bouwen economisch aantrekkelijker.
 - Mogelijke besparing: 40% minder CO₂ bij 50% biobased aandeel in bouw (≈ 3,5 megaton).
 - Wel variatie in milieuprestatie per materiaal; niet elk biobased materiaal is automatisch beter.

Stikstofuitstoot en -reductie

- Bronnen stikstofverbindingen:
 - NH₃ (ammoniak): Tijdens teelt (mest).
 - NO_x (stikstofoxiden): Bij verwerking, transport.
 - NO₃⁻ (nitraat): Via uitspoeling naar water → vermesting.
- Milieuproblemen:
 - Verzuring, vermesting, verlies biodiversiteit.
 - Belangrijk in NL i.v.m. Natura 2000-gebieden.
- Voordelen biobased materialen:

- Minder stikstofemissie op bouwplaats (prefab, elektrisch bouwen).
- Voorbeeld: Volare Dierenopvang (gebouwd zonder stikstofemissies).
- Vezelgewassen (zoals hennep) kunnen weinig mest en water nodig hebben.
- Alternatief verdienmodel voor boeren die nu bijdragen aan stikstofuitstoot.

Andere emissies

- Methaan (CH₄): Bij afbraak organisch materiaal.
- Lachgas (N₂O): Kunstmest en bodemprocessen.
- Vluchtige organische stoffen (VOS): Lijmgebruik → luchtvervuiling.
- Fijnstof (PM10/PM2.5): Gezondheidsrisico; ontstaat bij transport/bewerking.

Beperking fijnstof op bouwplaatsen:

- Elektrische machines, stofafzuiging, bevochtiging, emissiearme voertuigen, monitoring.
- Watergerelateerde effecten (zoals eutrofiëring) zijn ook relevant bij LCA's.

Inhoud van deze module

1	Reductie CO ₂ , Stikstof	3
2	CO ₂ -reductie	6
3	Stikstofuitstoot	8
4	Stikstofreductie	8
5	Andere relevante emissies	10
6	Bronnenlijst	11
7	Relatie met relevante kennismodules in deze Kennisbank Biobased Bouwen	13
8	Versiebeheer	18

1 Reductie CO₂, Stikstof

Biobased materialen spelen een belangrijke rol bij het verminderen van zowel CO₂-uitstoot als stikstofemissies in de bouw. Naast CO₂ en stikstof zijn ook andere emissies relevant voor milieu en gezondheid. Dit kennisblok behandelt de uitstoot en reductie van CO₂, stikstof en andere relevante emissies in de context van bouwen met biobased bouwmaterialen.

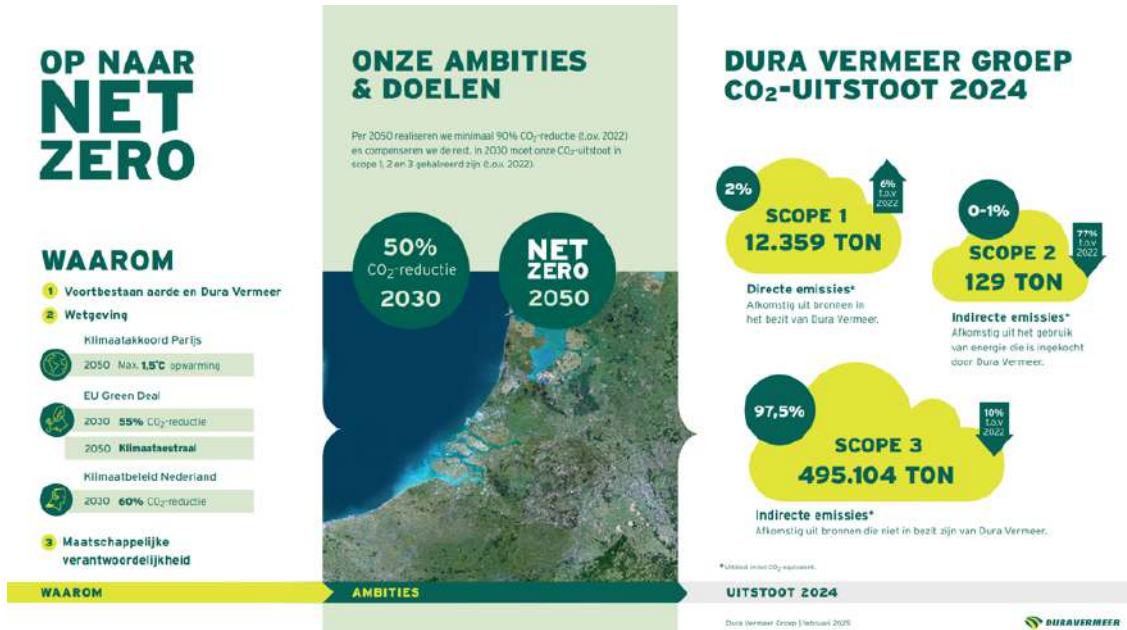
CO₂ uitstoot

Het Greenhouse Gas Protocol (GHP protocol) deelt CO₂-uitstoot in volgens drie scopes: directe, indirecte en ketengerelateerde emissies (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2004):

- Scope 1 – **directe CO₂-uitstoot** – betreft emissies die direct vrijkomen uit eigen installaties of voertuigen (zie figuur 2.1.4-1). De organisatie heeft hier directe controle over. Voorbeelden zijn verbranding van gas in een cv-ketel, dieselgebruik in een vrachtwagen van het bedrijf of emissies uit industriële processen of bedrijfseigen generatoren. Of een fabrikant van biobased materialen die fossiele brandstoffen verbrandt in eigen productie-installaties of machines.
- Scope 2 – **indirecte CO₂-uitstoot van ingekochte energie** – zijn indirecte emissies door het gebruik van elektriciteit, warmte of stoom die elders is opgewekt, maar die een organisatie zelf verbruikt (zie figuur 2.1.4-1). Voorbeelden zijn CO₂-uitstoot door een kolencentrale die stroom levert aan een fabriek of emissies van stadsverwarming die een kantoor verwarmt. Of als de productiefaciliteit van biobased materialen elektriciteit gebruikt die is opgewekt uit fossiele bronnen.
- Scope 3 – **indirecte CO₂-uitstoot in de keten** – omvatten alle andere indirecte emissies die ontstaan in de waardeketen, zowel voorafgaand aan (upstream) als na (downstream) het eigen bedrijfsproces (zie figuur 2.1.4-1). Scope 3 is vaak het grootst en moeilijkst te meten en bestaat grotendeels uit 3 soorten emissies:
 - **Upstream emissies:** CO₂-uitstoot door aangekochte goederen en diensten, zoals bijvoorbeeld de productie van grondstoffen (zoals staal, beton of baksteen), en het bouwen van gebouwen of de aanleg van wegen. CO₂-uitstoot door transport en distributie van deze aangekochte grondstoffen valt ook hieronder. zie 2.1.4. figuur 3.
 - **Downstream emissies:** CO₂-uitstoot door het gebruik van verkochte producten (bijv. auto's, wasmachines of het energieverbruik van woningen). Maar ook door afvalverwerking van producten aan het eind van hun

levensduur. CO₂-uitstoot door transport en distributie van verkochte producten valt ook hieronder. Zie 2.1.4. figuur 4.

Omdat de meeste impact van biobased bouwmaterialen ontstaat in de toeleveringsketen (landbouw, verwerking, transport), wordt vooral Scope 3 belangrijk geacht bij het beoordelen van hun milieuprestaties volgens het Greenhouse Gas Protocol.



2.1.4. Figuur 1 | Het verschil in impact tussen scope 1, 2 en 3 bij Dura Vermeer

Bron: https://a.storyblok.com/f/300871/x/8b41674cd0/dv_scope3_groep_jj2025_opzet4.pdf



Bron: <https://www.duravermeer.nl/over-dura-vermeer/duurzaamheid/> en <https://flo.magazinecuravermeer.nl/net-zero-hbto53kxv/full-view.html>

2.1.4. Figuur 2 | Scope 3 bestaat voor 62% uit aangekochte goederen en diensten (de zogenaamde upstream emissies), en voor 30% uit het gebruik van verkochte producten (de downstream emissies) Bron: <https://flip.magazineduravermeer.nl/net-zero-h9lo33kvxn/full-view.html>



Bron: <https://www.duravermeer.nl/over-dura-vermeer/duurzaamheid/> en <https://flip.magazineduravermeer.nl/net-zero-h9lo33kvxn/full-view.html>

2.1.4. Figuur 3 | Uitsplitsing van aangekochte goederen en diensten (vanuit Scope 3) Bron: <https://flip.magazineduravermeer.nl/net-zero-h9lo33kvxn/full-view.html>



Bron: <https://www.duravermeer.nl/over-dura-vermeer/duurzaamheid/> en <https://flip.magazineduravermeer.nl/net-zero-h9lo33kvxn/full-view.html>

2.1.4. Figuur 4 | Uitsplitsing van verkochte producten (vanuit Scope 3) Bron: <https://flip.magazineduravermeer.nl/net-zero-h9lo33kvxn/full-view.html>

In wetenschappelijke contexten of bij levenscyclusanalyses (LCA's)* wordt CO₂-uitstoot ook vaak onderverdeeld in:

- **Biogene CO₂****
CO₂ die vrijkomt bij verbranding of ontbinding/compostering van biomassa (bijvoorbeeld hout of planten). Deze CO₂ wordt vaak als 'neutraal' beschouwd als de biomassa duurzaam beheerd wordt. Hoewel biogene CO₂ vaak als klimaatvriendelijk wordt beschouwd, is dat niet per definitie het geval. Wanneer biomassa snel wordt verbrand terwijl de aanplant en groei ervan veel langzamer verlopen, kan dit leiden tot een tijdelijk overschot aan CO₂ in de atmosfeer. Daarnaast kunnen het gebruik van landbouwgrond voor biomassa productie en de bijbehorende veranderingen in landgebruik negatieve gevolgen hebben voor de biodiversiteit, de bodemkwaliteit en het ecosysteem als geheel.
- **Fossiele CO₂**
CO₂ afkomstig van het verbranden van fossiele brandstoffen zoals aardolie, kolen en aardgas.
- **Proces-emissies**
CO₂ die vrijkomt tijdens chemische reacties in productieprocessen (zoals in cementproductie).
- **Vervoersgerelateerde emissies**
soms apart uitgesplitst in transportstudies.

TIP

Zie Kennisblokjes

* [1.3.3. Model LCA](#)

** [2.1.1. Waarom Bouwen met Biobased Bouwmaterialen? Paragraaf 1](#)

2 CO₂-reductie

Biobased materialen zijn afkomstig van hernieuwbare bronnen, zoals hout, vlas, hennep, bamboe en andere plantaardige materialen. Bij de productie en het gebruik van deze materialen wordt minder CO₂ uitgestoten dan bij traditionele bouwmaterialen op basis van fossiele brandstoffen.¹

¹ Zie kennisblokje. [2.1.1. Waarom Bouwen met Biobased Bouwmaterialen? Paragraaf 1](#)

Tijdens de groei nemen gewassen zoals hennep, vlas en miscanthus CO₂ op uit de atmosfeer, die daarna langdurig wordt opgeslagen wanneer deze planten worden verwerkt tot bouwmaterialen. Dit wordt ook wel 'koolstofvastlegging' genoemd. Het stimuleren van de teelt van deze vezelgewassen kan bijdragen aan het vastleggen van koolstof op de lange termijn (Blom et al., 2024). Koolstofcertificaten (carbon removal credits) kunnen deze vastlegging van CO₂ documenteren die financiële waarde opleveren.

Een effectieve manier om biobased bouwen te stimuleren is het invoeren van CO₂-beprijzing* (CO₂-taks) op niet-biobased materialen. Dit behoort tot de meest kostenefficiënte strategieën om CO₂-uitstoot te reduceren. Wanneer de uitstoot van CO₂ daadwerkelijk een prijs krijgt, kan bouwen met hout en andere biobased materialen aanzienlijk aantrekkelijker worden. Materialen zoals beton en staal, die een hoge CO₂-uitstoot veroorzaken, zouden dan relatief duurder uitvallen, wat de keuze voor duurzame alternatieven kan versnellen.

TIP

* Zie kennisblokje [4.2.5.2. Biobased Isolatiematerialen, carbon credits](#)

Het gebruik van biobased bouwmaterialen kan leiden tot een potentiële CO₂-besparing in de bouwsector. Volgens het Transitieteam Circulaire Bouweconomie kan een verhoging van het aandeel biobased materialen in de bouw tot 50% leiden tot een CO₂-reductie van 40%, wat neerkomt op een besparing van 3,5 megaton CO₂ (NIBE, 2019).

Onderzoek van de Radboud Universiteit en het Joint Research Center (RU, 2024) laat zien dat biomaterialen gemiddeld 45% minder CO₂ uitstoten dan hun fossiele tegenhangers. Deze conclusie is gebaseerd op een grootschalige analyse van 98 biomaterialen, waarbij de volledige levenscyclus is bekeken — van grondstofwinning tot afvalverwerking. Biomaterialen, gemaakt van planten, worden vaak gezien als milieuvriendelijker alternatief voor fossiele materialen zoals plastics en textielvezels. Toch zijn er belangrijke kanttekeningen. De reductie in CO₂-uitstoot varieert sterk tussen verschillende biomaterialen en geen enkel materiaal is volledig klimaatneutraal.

Sommige biomaterialen scoren goed, maar er zijn er ook die zelfs meer CO₂ uitstoten dan fossiele alternatieven. Daarnaast kan het gebruik van biomaterialen andere milieuproblemen veroorzaken.

Zo leidt de teelt van de benodigde gewassen vaak tot een verhoogd gebruik van kunstmest, wat eutrofiëring (vermesting) veroorzaakt — een proces waarbij een overschot aan voedingsstoffen zuurstoftekort in bijvoorbeeld wateren veroorzaakt. Biobased betekent niet automatisch 'laag in CO₂'. De milieuprestatie van bouwmaterialen wordt sterk beïnvloed door hun herkomst, de wijze van verwerking, transportafstanden en levensduur. Materialen die lokaal beschikbaar zijn en minimaal bewerkt hoeven te worden – zoals stro, leem of onbehandeld hout uit duurzaam beheerd bos – presteren over het algemeen gunstiger. Een

volledige levenscyclusanalyse (LCA) maakt het mogelijk om deze factoren in samenhang te beoordelen en de milieubelasting inzichtelijk te maken.

3 Stikstofuitstoot

In de context van bouwen met biobased bouwmaterialen wordt stikstofuitstoot vooral geclassificeerd op basis van de vorm van stikstofverbindingen, de bron van de emissie en de bijbehorende milieueffecten. De belangrijkste stikstofverbindingen die in deze keten vrijkomen zijn ammoniak (NH₃), stikstofoxiden (NO_x) en nitraat (NO₃⁻). Ammoniak ontstaat voornamelijk tijdens de teeltfase, bijvoorbeeld door het gebruik van meststoffen bij gewassen zoals hennep of vlas. Nitraat kan via uitspoeling in het oppervlaktewater terecht komen, wat leidt tot vermessing. In latere fasen, zoals tijdens de oogst, verwerking en transport van biobased materialen, ontstaan vooral stikstofoxiden door het gebruik van fossiele brandstoffen in machines en voertuigen.

Deze emissies dragen bij aan milieuproblemen zoals vermessing, verzuring van bodem en water, en verlies van biodiversiteit in gevoelige natuurgebieden. Levenscyclusanalyses (LCA's)² van biobased bouwmaterialen nemen deze effecten vaak mee onder categorieën als verzuring potentieel en eutrofiëring potentieel. Verzuring potentieel geeft aan hoe sterk een stof of proces bijdraagt aan het zuur maken van bodem en water, met negatieve ecologische en soms economische gevolgen. Eutrofiëring geeft aan hoe sterk een stof bijdraagt aan overbemesting en de daarmee samenhangende milieuproblemen.

In Nederland is dit bijzonder relevant vanwege de wettelijke beperkingen op stikstofdepositie in en rond Natura 2000-gebieden. Daarom is het belangrijk om bij het bevorderen van biobased bouwen niet alleen naar CO₂-reductie te kijken, maar ook naar de stikstofimpact in de hele keten.

4 Stikstofreductie

Stikstofemissies zorgen onder andere voor verslechtering van bodemkwaliteit. Bij zandgronden zorgen stikstofoxiden en ammoniak voor verzuring en krijgen stikstofminnende planten vaak de overhand. De bodem raakt hierdoor uit balans, een balans van langzaam door verwerking vrijkomende mineralen waardoor ze opneembaar worden door bomen en planten onder invloed van schimmels (Staatsbosbeheer, 2022).

Tijdens de bouwfase van traditionele gebouwen worden vaak veel stikstofhoudende materialen en chemicaliën gebruikt. Denk aan beton, cement en synthetische isolatiematerialen. Biobased materialen, zoals hout, hebben minder impact op de

² Zie kennisblokje 1.3.3. Model LCA

stikstofemissies tijdens de bouw. Dit komt doordat de productie en verwerking van biobased materialen over het algemeen minder energie-intensief zijn en minder schadelijke stoffen vrijkomen. Veel biobased materialen kunnen prefab worden geproduceerd in een fabriek. Dat betekent verminderde uitstoot van stikstof op de bouwplaats omdat er minder zware machines en transportbewegingen nodig zijn (Blom et al., 2024). Een voorbeeld hiervan is de dierenopvang Volare in Doorwerth. Dit gebouw is volledig biobased (en licht), en kon daardoor met elektrisch materieel gebouwd (geen stikstof-emissies) worden, terwijl de bouwfase plaatsvond middenin de stikstofcrisis én terwijl de bouwplaats zich bevond aan de rand van een Natura-2000 gebied (Veluwe).



2.1.4. *Figuur 5 | Wildopvang Avolare te Doorwerth (rand van Natura-2000 gebied) kon te midden van de stikstofcrisis gebouwd worden dankzij toepassing van elektrisch materieel in plaats van materiaal op diesel (dankzij de inzet van biobased materialen die licht zijn).*

Afbeelding: <https://avolare.nl/bezoekerscentrum/>

Het gebruik van biobased bouwmaterialen kan de stikstofuitstoot op verschillende manieren beïnvloeden ten opzichte van traditionele bouwmaterialen. Enerzijds leidt de teelt van biomassa voor deze materialen vaak tot verhoogde emissies van ammoniak (NH₃) en nitraat (NO₃⁻) door het gebruik van meststoffen en landbouwpraktijken, wat kan bijdragen aan eutrofiëring en verzuring in het milieu. Anderzijds kan de productie en verwerking van traditionele bouwmaterialen, zoals beton en staal, leiden tot significante stikstofoxide (NO_x) emissies door verbrandingsprocessen en industriële activiteiten. Bij biobased materialen is er vaak minder verbranding nodig, maar de landbouw gerelateerde stikstofemissies vormen een aandachtspunt.

Volgens Blom et al. (2024) kan de stimulering van vezelteelt voor biobased bouwmaterialen bijdragen aan langdurige koolstofopslag, maar moet er ook rekening worden gehouden met

mogelijke toename van stikstofemissies door kunstmestgebruik. Daarnaast benadrukt het RIVM (2023) dat stikstofemissies vanuit de landbouw een belangrijke bron blijven van milieu-impact, inclusief effecten op stikstofdepositie rondom natuurgebieden, wat relevant is voor de biobased bouwketen. Building Balance benadrukt echter dat de teelt van vezelgewassen, zoals vlas, hennep, stro en miscanthus, juist geen of weinig kunstmest, chemische bestrijdingsmiddelen en extra water nodig hebben, en dat dat gunstig is voor de kwaliteit van de bodem, het water en de biodiversiteit (Building Balance, z.d.).

De teelt van vezelgewassen voor biobased bouwmaterialen kan een alternatief verdienmodel bieden voor veeteeltboeren die momenteel bijdragen aan stikstofemissies. Door over te schakelen op de productie van deze gewassen als duurzaam landbouwmodel kunnen boeren bijdragen aan de vermindering van stikstofuitstoot, een vitalere bodem en een duurzaam teeltproces (Building Balance, z.d.).

TIP

Zie Kennisblokje [1.1.6. Aantasting Milieu, biodiversiteit ...](#)

5 Andere relevante emissies

Naast koolstofdioxide (CO₂) en stikstofverbindingen zijn er bij het toepassen van biobased bouwmaterialen diverse andere emissies van milieu- en klimaatwetenschappelijke relevantie. Methaan (CH₄), een broeikasgas met een aanzienlijk hoger aardopwarmingsvermogen dan CO₂, kan vrijkomen tijdens de anaerobe afbraak van organisch materiaal, bijvoorbeeld bij compostering of vergisting (IPCC, 2021). Lachgas (N₂O), eveneens een potentieel krachtig broeikasgas en ozonafbrekend middel, wordt voornamelijk gevormd door microbiële processen in bodems en het gebruik van kunstmest binnen de landbouwkundige productie van biomassa (RIVM, 2023).

Daarnaast kunnen tijdens de productie en verwerking van biobased materialen vluchtige organische stoffen (VOS) vrijkomen wanneer bijvoorbeeld lijm wordt toegevoegd aan biobased materialen, die bijdragen aan secundaire luchtverontreiniging en fotochemische smogvorming (CE Delft, 2024). Stikstofoxiden (NO_x), die vooral bij verbrandingsprocessen in transport en productie worden uitgestoten, dragen bij aan verzuring van bodem en water en aan luchtkwaliteitsproblematiek (RIVM, 2023). Tevens is de emissie van fijnstof (PM₁₀ en PM_{2.5}) relevant, aangezien deze de luchtweggezondheid negatief kan beïnvloeden en vaak ontstaat tijdens mechanische bewerking, transport en productieprocessen (WHO, 2021).

Fijnstof PM10 en PM2.5

PM10 en PM2.5 verwijzen naar fijnstofdeeltjes in de lucht, waarbij de cijfers de maximale diameter van de deeltjes in micrometer aangeven. PM10 betreft deeltjes met een diameter van maximaal 10 micrometer; deze relatief grove deeltjes kunnen diep in de luchtwegen doordringen en veroorzaken onder meer irritatie en verergering van luchtwegaandoeningen. PM2.5 bestaat uit nog fijnere deeltjes met een diameter van maximaal 2,5 micrometer, die niet alleen nog dieper in de longen kunnen doordringen, maar ook via de bloedbaan het lichaam kunnen bereiken. Hierdoor brengen zij een groter gezondheidsrisico met zich mee, waaronder het verhogen van de kans op hart- en vaatziekten en longkanker. Over het algemeen geldt dat hoe kleiner de deeltjes, hoe schadelijker zij zijn voor de gezondheid, waardoor PM2.5 als ernstiger wordt beschouwd dan PM10. (WHO, 2021)

Om fijnstofemissies (PM10 en PM2,5) op bouwplaatsen te beperken, zijn verschillende effectieve maatregelen toepasbaar. Ten eerste kan het gebruik van elektrische of hybride bouwmachines in plaats van dieselapparatuur de uitstoot van roet en ultrafijnstof aanzienlijk verminderen. Ook de installatie van mobiele stofafzuigers en luchtwassers bij stofintensieve werkzaamheden zoals zagen en schuren helpt om de fijnstofconcentratie lokaal te reduceren. Daarnaast draagt het beperken van transportbewegingen en het inzetten van voertuigen die voldoen aan de strengste Europese emissienormen bij aan een lagere fijnstof- en stikstofoxide-uitstoot. Verder kunnen stofbindende maatregelen, zoals het bevochtigen van materialen en het gebruik van stofschermen, de verspreiding van stofdeeltjes tijdens transport en verwerking verminderen. Ten slotte is monitoring van fijnstofconcentraties op en rond de bouwplaats cruciaal om knelpunten te identificeren, maatregelen te evalueren en waar nodig bij te sturen. Deze gecombineerde aanpak wordt ondersteund door recente Nederlandse richtlijnen en onderzoeksrapporten (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu [RIVM], 2022; Informatiepunt Leefomgeving, z.d.).

Tot slot zijn watergebruik en -kwaliteit, met name de eutrofiëringspotentie als gevolg van nutriëntenuitspoeling, belangrijke milieuaspecten die in een levenscyclusanalyse van biobased bouwmaterialen geïntegreerd dienen te worden (CE Delft, 2024). Het is derhalve essentieel dat naast CO₂- en stikstofemissies ook deze aanvullende milieubelastingen worden meegewogen voor een holistische beoordeling van de milieuprestaties van biobased bouwmaterialen.

6 Bronnenlijst

- Blom, M., van Santen, W. Sinke, P., de Vries, J., & Nieuwenhuijse, I. (2024, september). *Stimulering vezelteelt voor biobased bouwmaterialen* (CE Delft-rapport 230391). CE Delft. https://ce.nl/wp-content/uploads/2024/09/CE_Delft_230391_Stimulering_vezelteelt_voor_biobased_bouwmaterialen_def.pdf

- Building Balance, z.d. Agrarisch ondernemers als bouwsteen van de toekomst, kopje De voordelen & eigenschappen. <https://buildingbalance.eu/ketenontwikkeling/agro/>
- Informatiepunt Leefomgeving. (z.d.). *Regels over fijnstof bij veehouderijen*. <https://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw/stof/handreiking-fijn-1/sitemap/fijnstof/>
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). (2023). *Monitor stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden 2023 (RIVM-rapport 2023-0239)*. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0239.pdf>
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). (2022). *Bedrijfsmatige bronnen van luchtverontreiniging*. <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-medische-milieukunde-luchtkwaliteit-en-gezondheid/andere-bronnen-van-luchtverontreiniging/bedrijfsmatige-bronnen-luchtverontreiniging>
- Staatsbosbeheer. (2022). *De rol van stikstof in de bodem: een sluipmoordenaar*. Geraadpleegd op 01-10-2024 van <https://www.staatsbosbeheer.nl/wat-we-doen/nieuws/2022/11/de-rol-van-stikstof-in-de-bodem-een-sluipmoordenaar>
- RU. (2024, 11 januari). *Biomaterialen leiden tot een forse reductie in broeikasgasemissies, maar nog niet klimaatneutraal*. Geraadpleegd op 21-05-2025 van <https://www.ru.nl/onderzoek/onderzoeksnieuws/biomaterialen-leiden-tot-een-forese-reductie-in-broeikasgasemissies-maar-nog-niet-klimaatneutraal>
- World Health Organization (WHO). (2021). *Air quality guidelines – global update 2021*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- World Resources Institute, & World Business Council for Sustainable Development. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A corporate accounting and reporting standard* (Revised edition). <https://ghgprotocol.org>

7 Relatie met relevante kennismodules in deze Kennisbank Biobased Bouwen

1.1. Why (Opgaven) – Urgentie, Grondstoffentransitie en meer

- 1.1.1. Urgentie Grondstoffentekorten
- 1.1.2. Parijs 2050
- 1.1.3. NL programma's Circulaire Economie
- 1.1.4. Rol Bouwsector
- 1.1.5. CO₂ uitstoot
- 1.1.6. Aantasting Milieu, biodiversiteit ...

1.2. Definities

- 1.2.1. Van lineair naar circulair
- 1.2.2. Duurzaamheid versus circulariteit
- 1.2.3. Natuurinclusief versus klimaatadaptief
- 1.2.4. Definities circulair ontwerpen

1.3. Modellen en (reken)tools

- 1.3.1. Model R-ladder
- 1.3.2. Model Lagen van Brand
- 1.3.3. Model LCA
- 1.3.4. MPG
- 1.3.5. BCI
- 1.3.6. CO₂-tool
- 1.3.7. BENG

1.4. Strategieën

- 1.4.1. Circulaire principes
- 1.4.2. Schaalniveaus circulariteit
- 1.4.3. Preventie-waardebehoud-waardecreatie
- 1.4.4. Natuurinclusief bouwen

2. Biobased Bouwen

2.1. Doelstellingen

- 2.1.1. Waarom Bouwen met Biobased Bouwmaterialen?
- 2.1.2. 'Van Plant tot Pand' - Kansen Biobased Bouwen
- 2.1.3. NABB

2.1.4. Reductie stikstof ...

3. LCA Fase - PRODUCTIE

3.1. Winning van grondstoffen

3.1.1. Secundaire grondstoffen

- 3.1.1.1. Technologische cyclus
- 3.1.1.2. Demontage - Sloop
- 3.1.1.3. Kleding
- 3.1.1.4. Papier

3.1.2. Plantaardig - Natuurlijke cyclus]

- 3.1.2.1. Hout
 - 3.1.2.1.1. Massief Hout
 - 3.1.2.1.2. Bewerkt Hout
 - 3.1.2.1.2.1 CLT
 - 3.1.2.1.2.2 LVL
 - 3.1.2.1.2.3 Glulam
 - 3.1.2.1.3. Houtvezel Isolatieplaten (thermische isolatie)
 - 3.1.2.1.4. Houtvezelplaat
 - 3.1.2.1.4.1 Hardboard
 - 3.1.2.1.4.2 Zachtboard
 - 3.1.2.1.4.3 MDF en HDF
 - 3.1.2.1.5. Houtspaanderplaat**
 - 3.1.2.1.5.1 Spaanplaat
 - 3.1.2.1.5.2 OSB
 - 3.1.2.1.6. Triplex
- 3.1.2.2. Hennepvezel isolatie
- 3.1.2.3. Lisdodde
- 3.1.2.4. Vlaswolisolatie
- 3.1.2.5. Zeewier
- 3.1.2.6. Bamboe Interieur
- 3.1.2.7. Strobalen bouwmethode
- 3.1.2.8. Miscanthus
- 3.1.2.9. Kalkhennepbeton
- 3.1.2.10. Geëxpandeerde Kurkisolatie
- 3.1.2.12. Grasisolatieplaten
- 3.1.2.13. Riet
- 3.1.2.16. Vlasspaanplaat
- 3.1.2.17. Inblaasstro
- 3.1.2.18. Stro isolatie infill methode
- 3.1.2.19. Bamboe exterieurafwerking
- 3.1.2.20. Kalkhennep blokken
- 3.1.3. Dierlijke cyclus**
 - 3.1.3.1. Wol
- 3.1.4. Overige grondstoffen**
 - 3.1.4.1. Mycelium isolatiepanelen
 - 3.1.4.2. StampLeem en LeemSteen
- 3.1.5. (Bio)Composieten**
 - 3.1.5.1. Biocomposieten met olien en vetten
 - 3.1.5.2. Biocomposieten met plantaardige vezels
 - 3.1.5.3. BioFoam isolatie

3.2. Transport

- 3.2.1. Keten Agro-Productie-Fabricage

3.3. Productie

- 3.3.1. Grondstof - Materiaal - Product - Element
- 3.3.2. Bewerkingen grondstoffen en materialen
- 3.3.3. Modulair
- 3.3.4. Samengestelde bouw
- 3.3.5. Opslag versus emissie CO₂
- 3.3.6. Opschalen

3.4. Productie Isolatiematerialen

- 3.4.1. Biobased IsolatieMaterialen
- 3.4.2. Bindmiddelen en impregneerstoffen

3.5. Productie Plaatmaterialen

- 3.5.1. Biobased PlaatMaterialen
- 3.5.2. Bindmiddelen en impregneerstoffen

3.6. Productie Constructieve elementen

- 3.6.1. Constructieve biobased elementen
- 3.6.2. Bindmiddelen en impregneerstoffen

4. LCA Fase – BOUW

4.1. Transport

- 4.1.1. Keten productie-montage
- 4.1.2. Materiaal vs Product vs Element vs Unit

4.2. Bouw- en installatieproces, aanleg

4.2.1. Initiatieffase

- 4.2.1.1. GPR Gebouw, BREEAM
- 4.2.1.2. Het Nieuwe Normaal
- 4.2.1.3. Circulair bouwen met biobased bouwmaterialen
- 4.2.1.4. BBL – Gemeente
- 4.2.1.5. Circulair uitvragen – aanbesteden
- 4.2.1.6. Integrale strategieën
- 4.2.1.7. Circulaire ambities
- 4.2.1.8. Preventie-waardebehoud-waardecreatie

4.2.2. Haalbaarheid product/marktcombinaties

- 4.2.2.1. Kengetallen
- 4.2.2.2. Capaciteit
- 4.2.2.3. Marktcomform
- 4.2.2.4. Opname en materiaalpaspoort
- 4.2.2.5. PvE / schets door adviseur
- 4.2.2.6. Inschrijven voor ontwerpers – architecten

4.2.3. Projectdefinitie

- 4.2.3.1. Opschaalbaarheid
- 4.2.3.2. Persoonlijk
- 4.2.3.3. Aanbestedingsvorm aannemer – consortium

4.2.4. Voorontwerp

- 4.2.4.1. Constructieprincipes
- 4.2.4.2. Damp-open bouwen
- 4.2.4.3. Carbon Based Design
- 4.2.4.4. Gezond Bouwen
- 4.2.4.5. Kwaliteit en Garantie
- 4.2.4.6. VO
- 4.2.4.7. Hergebruik (R-Ladder)
- 4.2.4.8. Passief Bouwen

4.2.5. Definitief ontwerp

- 4.2.5.1. MPG
- 4.2.5.2. Biobased Isolatiematerialen
- 4.2.5.3. R-waarde, warmtecapaciteit, faseverschuiving, verdamping
- 4.2.5.4. Brandveiligheid
- 4.2.5.5. Circulaire materialen
- 4.2.5.6. Montage, demontage, remontage producten
- 4.2.5.7. Constructiecontrole
- 4.2.5.8. 'Bouwbesluit' eisen

4.2.6. Definitief (technisch)-ontwerp

- 4.2.6.1. Losmaakbaar detailleren
- 4.2.6.2. Droge verbindingen
- 4.2.6.3. Luchtdicht bouwen

4.2.7. Uitvoeringsgereed ontwerp

- 4.2.7.1. Uitvoeringslogistiek
- 4.2.7.2. Montage en demontage voorschriften (materialenpaspoorten)
- 4.2.7.3. WKB Circulair bouwen met Biobased Bouwmaterialen
- 4.2.7.4. Voorbereiding

4.2.8. Uitvoering

- 4.2.8.1. LEAN werkproces toepassen tbv leren en innoveren
- 4.2.8.2. Uitvoering als bouwmanager
- 4.2.8.3. Oplevering, uitzonderingen bouwbesluit en hoe je daar mee om gaat

5. B – GEBRUIK

5.1. Gebruik

- 5.1.1. Handleiding voor gebruiker
- 5.1.2. Levensduur en Kwaliteit
- 5.1.3. Hergebruik/herwinbaar

5.2. Onderhoud

5.2.1. MJOB maken en bewaken

5.2.2. Nazorg/MJOP

5.3. Reparaties

5.3.1. Klachten en nazorg

5.3.2. Nazorg/MJOP

5.4. Vervangingen

5.4.1. Onderhoud

5.4.2. Losmaakbaarheid

5.4.3. Hergebruik bij vervanging

5.5. Hernieuwing

5.5.1. Verbeteringstrajecten en innoveren

5.6. Operationeel energiegebruik / Passief huis

5.7. Operationeel watergebruik

6. SLOOP

6.1. Sloop

6.1.1. Sloop vs Demontage

6.1.2. Methoden sloop

6.2. Demontage

6.2.1. Waardemodel sloop

6.2.2. Elementen - Producten - Materialen - Grondstoffen Bronnen

6.3. Transport

6.3.1. Keten sloop-verwerking

6.3.2. Afvalscheiding bron vs locatie verwerking

6.4. Afvalbewerking

6.4.1. Principes

6.4.1.1. Keten hergebruik hout

6.4.1.2. Cascadering

6.4.2. Verwerking tot grondstoffen

6.4.2.1. Duurzaamheidsklassen

6.4.2.2. Onbehandeld vs Behandeld hout

6.4.2.3. Natuurlijke cyclus – composteren

6.4.3. Verwerking materialen en producten

6.4.3.1. Kwaliteitsbeoordeling

6.4.4. Stort – Verbranding

6.4.4.1. Hergebruik energie

6.4.4.2. Biochar

6.5. Finale afvalbewerking, producten op basis van secundaire grondstoffen

6.5.1. Producten op basis van secundaire grondstoffen

7. HERGEBRUIK

7.1. Materiaal paspoort i.c.m. 3-D model

- 7.2. Urban mining
- 7.3. Tussenhandel secundaire materialen
- 7.4. Kwaliteitsbeoordeling
- 7.5. Regelgeving
- 7.6. Reuse vs Repurpose

8 Versiebeheer

Nr.	Datum	Auteur	Organisatie	Opm.	Status
01	07-05-2025	Frits Schultheiss	HAN		Startdocument
02	21-05-2025	Carla Rongen	HAN		Aanvulling
03					
04					