

Kennisbank Biobased Bouwen

LCA FASE BOUW | R-WAARDE, WARMTECAPACITEIT, FASEVERSCHUIVING, VERDAMPING

Samenvatting Energieprestaties van gebouwen
Om energiezuinige en Paris Proof gebouwen te realiseren, is het verbeteren van thermische prestaties cruciaal. Belangrijke begrippen hierbij zijn R-waarde, warmtevraag, faseverschuiving en specifieke warmtecapaciteit. Verbeteringen hierin dragen bij aan een lager energieverbruik, minder CO_2-uitstoot en lagere energielasten.

R-waarde en isolatie
De R-waarde geeft de warmteweerstand van een materiaal aan: hoe hoger de waarde, hoe beter de isolatie.

- **Rd-waarde**: door de fabrikant opgegeven.
- **Rm-waarde**: gemeten waarde.
- **Rt-waarde**: totale weerstand van een constructie inclusief binnen- en buitenovergangen.
- **Rc-waarde**: optelsom van de materiaallagen (exclusief Rsi en Rse); bepalend voor de bouwregelgeving.

Goed geïsoleerde woningen met hoge Rc-waardes verbruiken minder energie en bieden meer comfort.

Warmtevraag en energievraag
De warmtevraag is de hoeveelheid energie (kWh) nodig om een gebouw op temperatuur te houden. De energievraag omvat alle benodigde energie voor verwarming en koeling.
Deze zijn onderdeel van de BENG-indicatoren:

- **BENG 1**: energievraag gebouwschil.
- **BENG 2**: primair fossiel energiegebruik.
- **BENG 3**: aandeel hernieuwbare energie.

Werkelijke verbruiken kunnen afwijken van berekende waarden, doordat gebruikersgedrag niet is meegenomen in de berekeningen volgens NTA 8800.

Faseverschuiving en warmtecapaciteit
Faseverschuiving is de vertraging (in uren) waarmee warmte een gebouw binnendringt.

- Lichte constructies (hout, staal) warmen sneller op.
- Zware constructies (beton, steen) bufferen warmte beter, wat gunstig is tegen oververhitting. Een faseverschuiving van 8 uur of meer helpt om warmtepieken op te vangen en vermindert de koelbehoefte.

Soortelijke warmtecapaciteit (c): hoe meer warmte een materiaal per kg per graad opslaat, hoe beter het warmte kan bufferen.

Biobased materialen en NTA 8800

Uit onderzoek van **ARUP** blijkt:

- Biobased materialen (zoals hennep of vlas) hebben vaak een hogere warmtecapaciteit en faseverschuiving dan synthetische isolatie.
- Toch worden deze eigenschappen onvoldoende gewaardeerd in de huidige **NTA 8800-norm**.
- De norm rekent te statisch en houdt onvoldoende rekening met dynamische eigenschappen zoals faseverschuiving en vochtregulatie.
- De koelbehoefte wordt in de maandmethodiek van de NTA 8800 onderschat, vooral bij lichte bouwconstructies.

Adviezen en aanbevelingen

- Voor ontwerpers: gebruik **nZEB- of PHPP-berekeningen** als ontwerptool voor energiezuinige gebouwen. Deze geven een realistischer beeld dan NTA 8800.
- Voor de NTA-commissie**:**
  - Korte termijn**:** verbeter de data van biobased materialen.
  - Middellange termijn: herzie de benuttingsfactor voor koelbehoefte.
  - Lange termijn: voer ‘uurlijkse’ simulaties in (zoals al in Frankrijk gebeurt).



Inhoud van deze module

1 inleiding 4
2 Verduurzaming gebouwen leidt tot lagere energielasten 4
3 R-waarde 4
4 Rd-waarde, Rm-waarde, Rt-waarde en Rc-waarde 5
5 Warmte- of energievraag 8
6 Faseverschuiving en soortelijke warmtecapaciteit 8
6.1 Omschrijving 9
6.2 Eenheid 9
6.3 Toelichting 10
6.3.1 Faseverschuiving 11
6.3.2 Koelbehoefte 13
6.3.3 Hygrische capaciteit 14
7 Bronnenlijst 16
8 Relatie met relevante kennismodules in deze Kennisbank Biobased Bouwen 17

1 inleiding

Er zijn diverse termen in omloop die allemaal betrekking hebben op de energievraag van gebouwen, denk daarbij aan R-waarde, warmtevraag, warmtecapaciteit en faseverschuiving. Deze termen, die verderop in dit hoofdstuk worden geduid, geven elk een ander aspect weer van de thermische prestaties van een gebouw. Het doel daarvan is om energiezuinige gebouwen te realiseren bij nieuwbouw en renovatie, en bij voorkeur Paris Proof gebouwen.

> ***Tip***
> *Zie kennisblokje 1.1.2. Parijs 2050*

2 Verduurzaming gebouwen leidt tot lagere energielasten

Met name na de inval van Rusland in Oekraïne werd duidelijk wat de effecten zijn van stijgende energieprijzen. De prijs van gas en steenkool verdubbelde in de weken na de inval, de olieprijs schoot bijna 30% omhoog. De prijs van de elektriciteit liep vrijwel synchroon op met de gas- en olieprijzen (DNB, 2022). Vooral huishoudens met een laag inkomen, hoge huur en hoge energielasten hadden het hierdoor financieel zwaarder, dit betrof miljoenen huishoudens in Nederland (NIBUD, 2022).

De energietransitie van de gebouwde omgeving zorgt voor vermindering van CO2-uitstoot, maar ook voor verlaging van energielasten (Ministerie van Financiën, 2021). Het verhogen van de R-waarde, het verlagen van de warmtevraag, het verhogen van de warmtecapaciteit en de faseverschuiving zijn allemaal maatregelen die betrekking hebben op het verbeteren van de energieprestatie van gebouwen, maar dus ook op de gebouwgebonden energielasten. Veel huishoudens waren in 2022 blij met hun goed geïsoleerde woningen.

3 R-waarde

De R-waarde geeft de warmteweerstand van een materiaallaag aan. Hoe hoger de R-waarde, des te beter de laag thermisch isoleert. De warmteweerstand is de verhouding tussen de dikte (d) van een materiaallaag en de warmtegeleidingscoëfficiënt (λ) van dat materiaal. Ofwel: hoe goed een bouwconstructie, zoals een dak, vloer of gevel, thermisch geïsoleerd is en daarmee de warmte in een gebouw kan vasthouden.

Formule: $R = d / \lambda$

Hierbij is:
R = warmteweerstand ($m^2 \cdot K/W$)
d = dikte van de materiaallaag (m)

λ = warmtegeleidingscoëfficiënt van het materiaal (W/(m.K)

Doel: Een hoge R-waarde betekent dat er weinig warmte vanuit het gebouw verloren gaat door de constructie heen (gevels, dak of vloer), waarmee een energiezuinig gebouw gerealiseerd kan worden.

4 Rd-waarde, Rm-waarde, Rt-waarde en Rc-waarde

De **R-waarde** van een materiaallaag wordt als Rd-waarde of als Rm-waarde aangegeven.

- De **Rd-waarde** (Declared R-value) is een afgegeven warmteweerstand van een materiaal door de fabrikant. Deze wordt toegepast in het berekenen van een totale constructieweerstand (Rc) voor bouwregelgeving.
- De **Rm-waarde** (Measured R-value) is een gemeten of gemiddelde warmteweerstand van een materiaallaag, bepaald in een laboratorium of proefopstelling. Deze kan afwijken van de opgegeven Rd-waarde door fabricagetoleranties, vocht, veroudering of montagekwaliteit. De Rm-waarde wordt vaak toegepast bij kwaliteitsborging of vergelijkend productonderzoek.
- De **Rt-waarde** geeft de totale warmteweerstand van een complete constructie, inclusief de warmteovergangsweerstanden Rsi en Rse. De Rt-waarde is nodig voor het berekenen van een warmtestroom door een constructie.

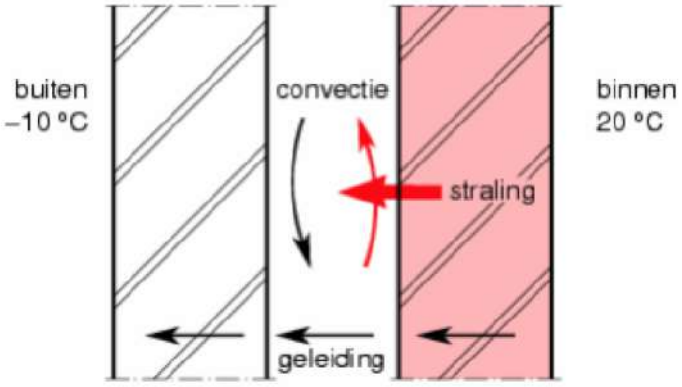
Formule voor enkelvoudige constructies: $Rt = Rsi + \sum Rm,i + Rse$

Hierbij is:
Rt = de totale warmteweerstand van de constructie ($m^2 \cdot K/W$)
Rsi = de warmteovergangsweerstand aan de zijde van de ingaande warmtestroom, bepaald volgens C.2 van NTA 8800, in (m2·K)/W. Bij horizontale overgang is de waarde 0,13 m^2K/W.
Rse = d warmteovergangsweerstand aan de zijde van de uitgaande warmtestroom, bepaald volgens C.2 van NTA 8800, in (m2·K)/W. Bij horizontale overgang is de waarde 0,04 m^2K/W.
Rm,i = de warmteweerstand van de afzonderlijke materiaallagen (d/λ)
Zie voor de berekening van meervoudige constructies NEN 1068.

- De **Rc-waarde** is een som van alle warmteweerstanden van lagen in een constructie. Rsi en Rse worden hierbij niet meegerekend (dus Rt zonder Rsi en Rse)! De Rc-waarde (constructieweerstand) is de waarde voor het toetsen aan de Bbl-eisen met minimale isolatiewaarden voor gevels, daken en vloeren, voor energieprestatieberekeningen en voor het vergelijken van het isolatieniveau van constructies.

De Rd- of Rm-waarde geeft de weerstand aan van één materiaallaag, bijvoorbeeld de isolatielaag, terwijl de Rc-waarde de weerstand tegen warmtestroming aangeeft van de totale constructie (binnenspouwblad, isolatielaag, spouw, buitengevel/metselwerk).

In Klimapedia wordt het verschil tussen Rm- en Rc-waarde helder uitgewerkt (Klimapedia, 2005), zie onderstaande figuur.



figuur 3. verticale doorsnede van een ongeïsoleerde spouwmuur

materiaal	**(d) [m]**	**λ [W/mK]**	**R_m = d / λ [m^2K/W]**
metselwerk	0,1	0,65	0,15
spouw	0,05		0,17
metselwerk	0,1	0,65	0,15
totaal, R_c			**0,47**

4.2.5.3. Figuur 1 | De relatie tussen Rm- en Rc wordt in een voorbeeld uitgewerkt. Rm wordt hier bedoeld als warmteweerstand van een materiaallaag.
Bron: Klimapedia (2005).

Onderstaande tabel bevat een overzicht van de ontwikkeling van de Rc-waarde, gezien in de tijd (Nieman 2021, IPLO z.d., RVO, 2017).

Periode	Rc-waarde (indicatief)	Bron / Regelgeving	Opmerkingen
< 1965	Geen eis	Geen Bouwbesluit / Verordeningen	Tot 1925: nauwelijks spouwmuren 1925-1945: nauwelijks spouwmuren; indien toch dan < 4 cm Dak en vloer: ongeïsoleerd Beglazing: enkel glas Kierdichting: geen Ventilatie: geen Verwarming: kolen, gas of oliekachel (lokaal) 1945-1975: Ongeïsoleerde spouwmuren Dak en vloer ongeïsoleerd Enkel glas (richting 1975: soms dubbel glas op begane grond) Ventilatie: geen systeem, wel klepramen of open afvoerkanalen Verwarming: kolen, gas of oliekachel (lokaal)
1965 – 1975	Rc: Dak: 0,86 / Gevel: 0,43 / Vloer: 0,17 m²·K/W		Minimum eisen voor sociale woningbouw volgens Voorschriften en Wenken 1965
1975 –1992	Rc = 1,3 m²·K/W	Gemeentelijke bouwverordeningen	Minimale Rc-waarde voor gevel en dak. 1979: dubbel glas in woonkamer verplicht
1992–2011	Rc = 2,5 m²·K/W	Bouwbesluit 1992	Alle dichte bouwdelen verplicht een Rc van 2,5 en dubbele beglazing. Ventilatie: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer Centrale verwarming met hoge temperatuur
2012–2020	Rc: Vloer: 3,5 / Gevel: 4,5 / Dak: 6,0 m²·K/W	Bouwbesluit 2012	Vanaf 2016 is balansventilatie met warmteterugwinning verplicht
2021–heden (2026)	Rc: Vloer: 3,7 / Gevel: 4,7 / Dak: 6,3 m²·K/W	Bbl & BENG-eisen, NTA-8800	

4.2.5.3 Tabel 1 | Overzicht van ontwikkeling van de Rc-waarde gezien in de tijd.
Bronnen: Nieman (2021); IPLO (z.d.); RVO (z.d.).

5 Warmte- of energievraag

De **warmtevraag** van een gebouw is de hoeveelheid warmte die nodig is om een gebouw gedurende een bepaalde periode (meestal een jaar) op de gewenste binnentemperatuur te houden, rekening houdend met warmteverliezen (transmissie, ventilatie) en warmtewinsten (zoninstraling, interne warmte). Uitgedrukt in kWh/jaar of kWh/m²·jaar. De warmtevraag vormt de basis voor de berekening van de energievraag.

De **energievraag** van een gebouw is de hoeveelheid energie die nodig is om het gebouw te verwarmen en te koelen, ongeacht het type installatie of energiebron. Uitgedrukt in kWh/m²·jaar.

De warmtevraag en energievraag zijn onderdelen van de BENG-indicatoren:

- BENG 1 – Energievraag: toont hoe energiezuinig de gebouwschil is (isolatie, luchtdichtheid, oriëntatie). BENG 1 wordt bepaald door de warmtevraag en de koelbehoefte.
- BENG 2 – Primair fossiel energiegebruik: inclusief ruimteverwarming, koeling, tapwater, ventilatoren, pompen, verlichting.
- BENG 3 – Aandeel hernieuwbare energie: geeft aan welk deel van de energievoorziening duurzaam wordt opgewekt. Dit betreft alleen ruimteverwarming en -koeling (geen tapwater, ventilatoren of verlichting**).**

Let op: de bovengenoemde warmte- en energievraag zijn gebouwgebonden. Gebruikersgebonden energie (zoals huishoudelijke apparatuur, individuele gebruikerskeuzes) wordt in de bouwregelgeving niet getoetst. De werkelijke energievraag kan daarom afwijken van de berekende energievraag volgens NTA 8800.

6 Faseverschuiving en soortelijke warmtecapaciteit

Faseverschuiving is de tijd die warmte nodig heeft om van de buitenkant van een constructie, zoals een dak of gevel, naar de binnenkant door te dringen.

In lichte constructies van bijvoorbeeld hout, staal of gips is deze faseverschuiving klein, waardoor warmte snel naar binnen komt. Bij zware constructies, opgebouwd uit materialen zoals beton, baksteen of kalkzandsteen, is de faseverschuiving groter en bereikt de warmte de binnenzijde pas veel later.

De invloed hiervan op een gebouw is groot. *Een langere faseverschuiving zorgt ervoor dat warmte die overdag door zoninstraling ontstaat pas ’s avonds of ’s nachts voelbaar wordt. Hierdoor warmen binnenruimtes overdag minder snel op, wat het risico op oververhitting*

aanzienlijk verkleint. Dit heeft direct effect op het binnenklimaat en het comfort van bewoners. Daarnaast wordt door de vertraagde warmtedoorgang de behoefte aan actieve koeling in de zomer verminderd, waardoor de energievraag voor koeling lager uitvalt. Dit is gunstig voor de energieprestatie-eisen in BENG, met name voor de indicatoren die de energievraag en het primair fossiele energiegebruik beschrijven.

Ook in de winter speelt faseverschuiving een rol. De warmte die door interne warmtebronnen of zoninstraling wordt opgewekt, blijft langer in de massa van het gebouw opgeslagen, wat leidt tot een stabielere binnentemperatuur. Materialen met een hoge warmtecapaciteit dragen hieraan bij en zorgen voor een langere faseverschuiving, terwijl lichte constructies met weinig massa bijna geen bufferend vermogen hebben. Dit kan leiden tot snelle temperatuurschommelingen en minder comfort.

In de praktijk wordt vaak een faseverschuiving van minimaal acht uur nagestreefd om een goed thermisch binnenklimaat te waarborgen. Hierdoor valt de warmtepiek van de zon midden op de dag pas ’s nachts binnen, op een moment dat het gebouw natuurlijk kan worden gekoeld door ventilatie (ventilatieve koeling of zomernachtventilatie).

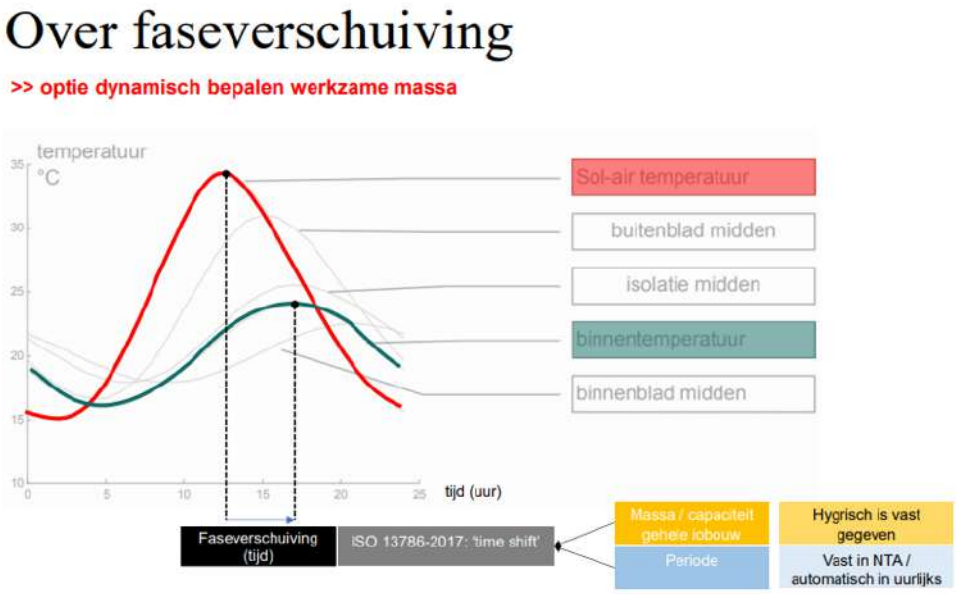
TIP
Zie de kennisblokjes
- *4.2.6.3. LCA Fase Bouw, Luchtdicht bouwen*
- *4.2.4.2. Damp-open Bouwen*
- *4.2.4.4. Gezond Bouwen*
- *1.2.4. Definities circulair ontwerpen*

6.1 Omschrijving

- Faseverschuiving is de tijdvertraging (in uren) tussen een periodieke temperatuurverandering aan de buitenzijde van een constructie en het moment waarop die verandering merkbaar wordt aan de binnenzijde. Zie *4.2.5.3. Figuur 1 | De relatie tussen Rm- en Rc wordt in een voorbeeld uitgewerkt. Rm wordt hier bedoeld als warmteweerstand van een materiaallaag.*
  Bron: Klimapedia (2005).
- Soortelijke warmtecapaciteit (c) is de hoeveelheid warmte (energie) die nodig is om één kilogram van een stof met één graad Kelvin (of Celcius) te verwarmen.
  Hoe hoger de soortelijke warmtecapaciteit, des te langer de faseverschuiving. Iedereen kent het voorbeeld: op een warme ’s zomerse dag blijft een kasteel aangenaam koel, terwijl een bouwkeet zeer snel warm wordt (Klimapedia, 2010, p.8).

6.2 Eenheid

- Faseverschuiving: uren
- Soortelijke warmtecapaciteit: J/kg·K



4.2.5.3. Figuur 2 | duiding van de term faseverschuiving
Bron: Nationale Kennisbank Biobased Bouwen (2024).

6.3 Toelichting

Langere faseverschuiving zorgt niet per definitie voor vermindering koelbehoefte (DuurzaamGebouwd.nl, 2025; Building Balance, 2024; Nationale Kennisbank Biobased Bouwen, 2024)

ARUP heeft in opdracht van Building Balance onafhankelijk onderzoek uitgevoerd naar de vraag of biobased materialen wel goed gewaardeerd worden in de NTA 8800. De belangrijkste resultaten van dat onderzoek worden hieronder benoemd:

- Biobased materialen hebben een hoger soortelijk gewicht warmtecapaciteit dan minerale en synthetische isolatiematerialen, waardoor biobased materialen een langere faseverschuiving hebben. Zie onderstaande tabel.

Wand-opbouw	Isolatie-materiaal	Lambda (W/m·K)	Soortelijke Warmte-capaciteit (J/kg·K)	Dichtheid (kg/m³)	Dikte (mm)	Fase-verschuiving (theoretisch, u)	Fase-verschuiving (realistisch, u)
HSB-wand Rc 4,5	Stro - inblaas	0.044	2100	90	207	5,2	6
HSB-wand Rc 4,5	Gras	0,040	2232	42	190	2,4	5
HSB-wand Rc 4,5	Vlaswol	0.038	1700	37	179	1,5	4
HSB-wand Rc 4,5	Cellulose	0,038	2100	45	179	2,2	4
HSB-wand Rc 4,5	Glaswol	0.035	800	19,5	165	0,3	2
Spouwmuur Rc 4,5	Gras	0,040	2232	42	190	3,0	6
Spouwmuur Rc 4,5	Vlaswol	0.038	1700	37	179	2,0	3
Spouwmuur Rc 4,5	PIR	0.025	1400	30	118	1,2	2
Spouwmuur Rc 4,5	Glaswol	0.035	800	19,5	165	0,9	1
Wand 40cm Rc 7,5	Stro + leem	0.050	2100	110	400	10,2	13
Wand 30cm Rc 4,7	kalkhennep	0,065	1000	360	300	14	9
Dak Rc 6,5	Stro - inblaas	0.044	2100	90	290	10,2	8
Dak Rc 6,5	Gras	0,040	2232	42	260	4,5	7
Dak Rc 6,5	Cellulose	0,038	1600	45	247	4,3	6
Dak Rc 6,5	Hennep	0.038	1700	45	265	2,4	4
Dak Rc 6,5	Glaswol	0.035	800	20	230	0,9	1
De berekende faseverschuiving betreft de hele constructie. De wiskundige faseverschuiving is een theoretische waarde op basis van materiaaleigenschappen en dikte via een wiskundige formule, maar zegt weinig over hoe een wand zich in de praktijk gedraagt. De werkelijke (realistische) faseverschuiving hangt af van de volledige constructieopbouw, zonbelasting, ventilatie en nachtafkoeling — en ligt in de regel fors lager dan het rekenkundige maximum. De realistische waarden in deze tabel zijn dan ook inschattingen op basis van bouwfysische ervaring; exacte waarden kunnen alleen worden bepaald via dynamische simulaties met tools als WUFI of BINK.							
Formule faseverschuiving	• Δt = faseverschuiving, oftewel de tijd (in uren) die het duurt voordat een warmtepiek van buiten voelbaar wordt aan de binnenzijde van de constructie. • ρ = dichtheid van het materiaal (in kg/m³). Hoe zwaarder het materiaal, hoe meer warmte het kan vasthouden. • c = soortelijke warmtecapaciteit (in J/kg·K). Hoe hoger deze waarde, hoe meer energie nodig is om het materiaal op te warmen.			• d = dikte van de laag (in meters). Alleen de lagen vóór of in de isolatie worden meegenomen. • λ = warmtegeleidingscoëfficiënt (in W/m·K). Hoe lager deze waarde, hoe langzamer warmte zich door het materiaal verplaatst. • π^2 = constante (≈ 9,87), afkomstig uit de wiskundige afleiding van de warmtetransportvergelijking. • 3600 = omrekeningsfactor van seconden naar uren.			

Tabel 2 | Overzicht van lambda-waarden, soortelijke warmtecapaciteit, dichtheid en faseverschuiving van verschillende typen wandopbouw en dakopbouw.
Bron: DuurzaamGebouwd (2025

6.3.1 Faseverschuiving

Een ontwerp van een gebouw zonder actieve koeling is mogelijk. Echter, dit kan niet uitsluitend gerealiseerd worden door de toepassing van biobased materialen. Dat komt hierdoor:

- Een gebouw bestaat, naast isolatiemateriaal, óók uit bijvoorbeeld wanden, vloeren, balken, kolommen en plaatmateriaal. Al deze materialen hebben ieder hun eigen

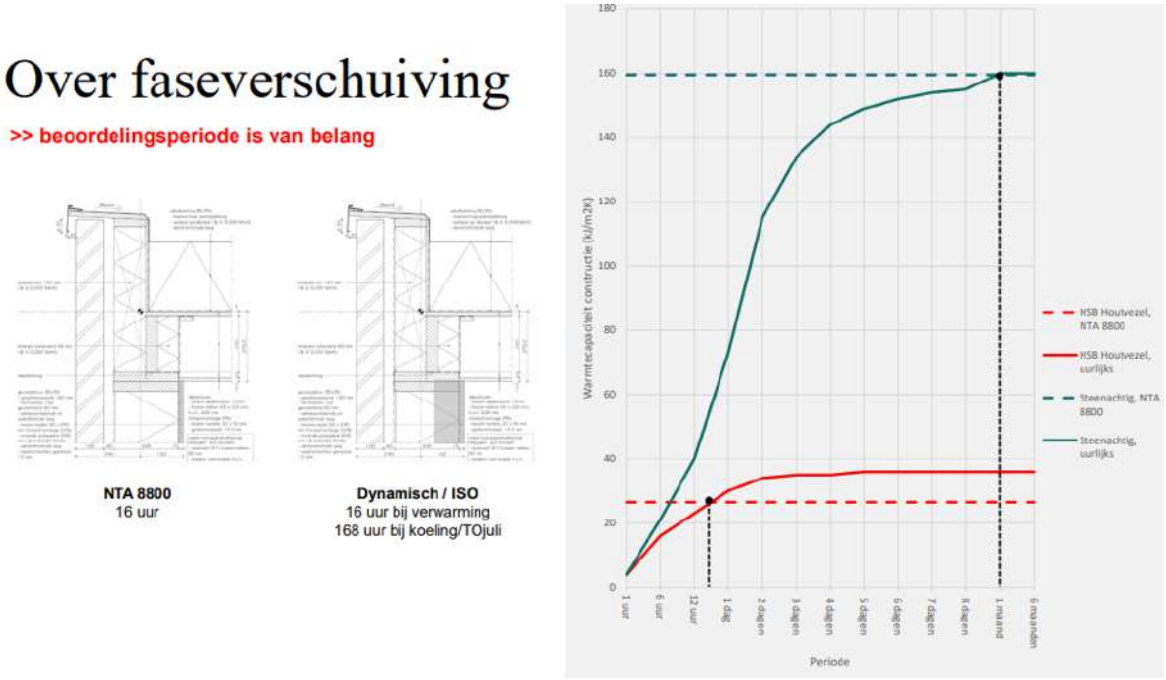
bouwfysische eigenschappen. Daarnaast speelt de typologie én compactheid van gebouwen een rol: is er sprake van een woonblok met relatief weinig ramen, een vrijstaand huis met veel raamoppervlakte, of vice versa? Ook het feit of zonwering is toegepast is daarnaast een heel belangrijke factor bij het al dan niet opwarmen van gebouwen. Daarnaast is ventilatie van belang: nachtventilatie kan heel effectief het warmteoverschot afvoeren, terwijl slechte ventilatie juist tot opwarming leidt. Alléén biobased isolatiemateriaal kan dus niet bepalend zijn voor de uiteindelijke warmtevraag of koelbehoefte.

- Als we kijken naar schuine daken, dan speelt faseverschuiving – relatief gezien – dus een grotere rol. De dakconstructie bestaat vaak enkel uit isolatiemateriaal en wat hout, bovendien ligt een dak de gehele dag volledig in de zon. Een dakconstructie met biobased isolatiematerialen kan dan – ten opzichte van glaswol of PIR - het verschil geven tussen een oververhitte zolder, of één die tot de avond relatief koel blijft.

- Wanneer een gebouw slim ontworpen wordt, dat wil zeggen: een slim samenspel tussen massaopbouw, isolatie, luchtdichtheid, zonwering en ventilatie, én toepassing van zomernachtventilatie, denk bijvoorbeeld aan PassiefHuis-principes[1], dan kan deze combinatie de oververhitting in gebouwen voorkomen zónder dat actieve koeling nodig is.

  - De NTA 8800 is gebaseerd op een eenvoudige, statische methode.
    - Er wordt gerekend tot een beperkte diepte, tot aan de isolatie (of maximaal 2 cm daarvan).
    - De NTA 8800 rekent dus níet met het begrip faseverschuiving
    - Terwijl in uurlijkse simulaties de massa en capaciteit van het gebouw, maar óók de volledige constructiediepte (en dus de totale massa van het isolatiemateriaal) tot uiting komt.
  - Daarnaast is de beoordelingsperiode van de faseverschuiving van belang.
    - De NTA 8800 rekent standaard met 16 uur. Deze periode is te kort voor lichte constructies, zie figuur 4.2.5.2-2, waardoor biobased materialen niet goed uit de verf komen. De uur-methodes werken dynamisch: 16 uur voor verwarming en 168 uur voor koeling.
    - Tegelijkertijd wordt bij zware constructies gerekend met een relatief hoge warmtecapaciteit, terwijl hier juist een kortere termijn gehanteerd zou moeten worden.

[1] *Zie kennisblokje 5.6 Operationeel energiegebruik | Passief huis*



Figuur 3 | De beoordelingsperiode voor lichte constructies is te kort, waardoor lichte bouwmaterialen niet goed uit de verf komen, terwijl de NTA voor zware constructies met een vrij hoge warmtecapaciteit rekent, terwijl hier eigenlijk met een kortere termijn gerekend zou mogen worden.
Bron: Nationale Kennisbank Biobased Bouwen (2024)

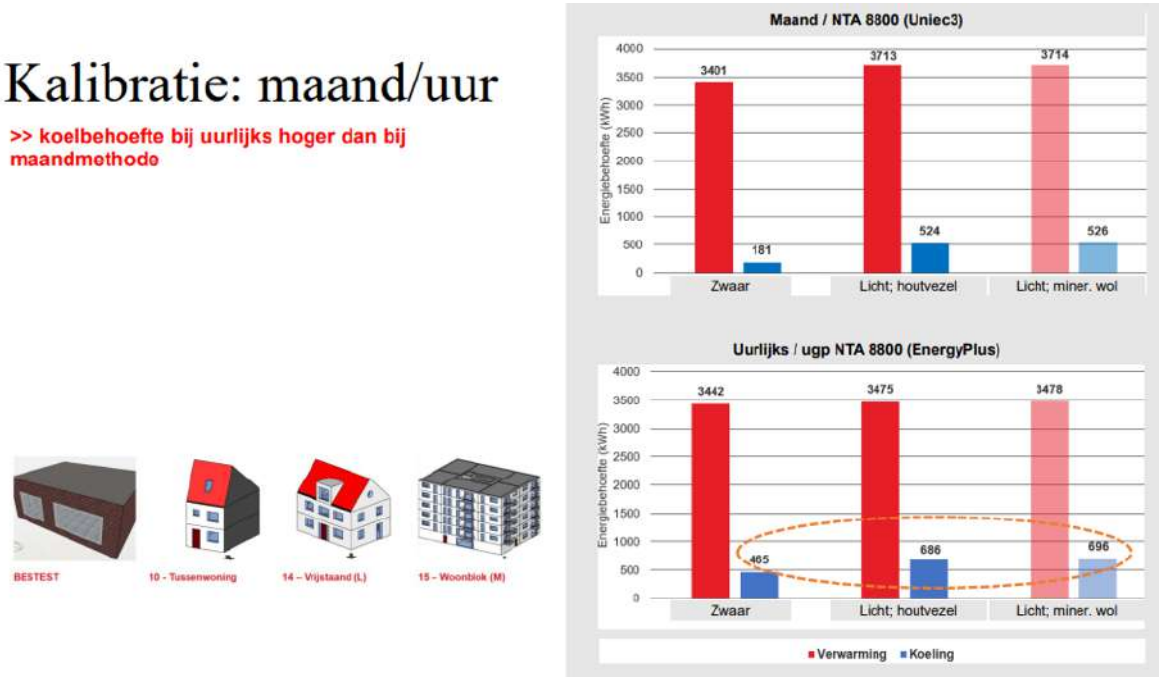
6.3.2 Koelbehoefte

De NTA 8800 is gebaseerd op een ‘maand-methode’ in plaats van een ‘uur-methode’. Om tot die maand-methode te komen, vertaalt een ‘benuttingsfactor’ het thermisch dynamische gedrag van een gebouw op maandniveau. ARUP heeft simulaties gedaan met het maand- en uur-model, en kwam tot de conclusie dat die vertaling best goed gaat op het gebied van warmtevraag.

Echter, niet bij koelbehoefte (zie ook figuur 4.2.5.3-3):

- De koelbehoefte wordt door NTA 8800 bij zowel de zware (steenachtige materialen) als de lichte (bijvoorbeeld HSB) constructies onderschat. De koelbehoefte is dus groter dan tot nu toe aangenomen.
- Het onderlinge verschil tussen licht en zwaar is kleiner dan nu uit de normberekeningen komt. Dat zet lichte gebouwen, dus ook houtbouw met biobased isolatiematerialen, op achterstand.

Om dit verschil recht te trekken, is het van belang dat de benuttingsfactoren worden aangepast.



Figuur 4 | De koelbehoefte van zowel zware als lichte constructies is hoger dan gedacht. En het verschil in koelbehoefte tussen zware en lichte constructie niet zo groot als gedacht.
Bron: Nationale Kennisbank Biobased Bouwen (20240

6.3.3 Hygrische capaciteit

In uurlijkse methoden wordt het hygrische capaciteit niet meegerekend. ARUP heeft gecontroleerd of dit terecht is voor de bepaling van de energiebehoefte en thermisch comfort, volgens de uitgangspunten van NTA 8800, en komt tot de conclusie dat er geen invloed blijkt te zijn op de jaarlijkse energiebehoefte voor warmte.

Voor thermisch comfort is de invloed nihil, aangezien de lucht sneller ververst wordt dan het materiaal vocht kan absorberen. Bij beperkte ventilatieconcepten - die vanuit gezondheidsaspecten niet aanbevelenswaardig zijn - zou een beperkt effect mogelijk kunnen zijn.

Uit de variantenstudie bleek namelijk dat er een verschil waargenomen is op GTO (Gewogen Temperatuur Overschrijdingsuren) tussen dampopen en dampdichte opbouwen. Dit heeft geleid tot de aanbeveling om de toepassing van simulatiemethoden die hygrische effecten meerekenen als gelijkwaardigheid mogelijk te maken. Deze effecten komen in de TOjuli nu niet tot uiting, doordat hygrische effecten nu niet in de NTA 8800[2] opgenomen zijn.

Adviezen voor ontwerpers van Paris proof en WENG-gebouwen (WENG = Werkelijk Energie Neutraal Gebouw) die hinder van de NTA 8800 ondervinden:

[2] Zie kennisblokje 4.2.4.4. Gezond Bouwen

- *NTA 8800 is een toetstool*, niet als ontwerp-tool voor energiezuinig gebouwen.
  De NTA 8800 is een berekeningsmethodiek die ten grondslag ligt aan de bepaling van theoretische energieprestatie van een gebouw en is niet ontwikkeld om te komen tot optimale ontwerpkeuzes van gebouwen.
- De nZEB-berekening is een *ontwerptool* (dit is de Nederlandstalige versie van PHPP-berekeningen, die uitgevoerd worden voor PassiefHuis. Kennisinstituutkern.nl, z.d.)). De nZEB-berekening is dus in tegenstelling tot BENG (NTA 8800), een ontwerptool, bedoeld om gebouwen zo energiezuinig te ontwerpen.
  Berekeningen komen nagenoeg overeen met de werkelijke energievraag van het gebouw.

- nZEB-berekening kan dienen als gelijkwaardigheidsverklaring bij een BENG-berekening (conform NTA 8800). Evengoed dient een energielabel op basis van NTA 8800 gemaakt te worden, maar op basis van nZEB-berekening kan vrijstelling op BENG-eisen bedongen worden. Bijvoorbeeld wanneer de BENG-berekening een actieve koeling vereist, maar nZEB aantoont dat actieve koeling niet noodzakelijk is. Houd er rekening mee dat de gemeente enig lef nodig heeft, aangezien men zich hiermee buiten de gebaande paden van de traditioneel gehanteerde normen begeeft.

Belangrijkste adviezen van ARUP richting de NTA-commissie

- Korte termijn (update 2026):
  het is relevant om materiaaleigenschappen van biobased materiaal in detail beschikbaar te maken. In de NTA 8800 wordt nu nog gerekend met forfaitaire warmtegeleidingscoëfficiënten (lambda-waarde), die momenteel te hoog (lees: conservatief) zijn ingeschat.

- Middellange termijn:
  ontwikkel een alternatief voor de huidige benuttingsfactor, zodat de koelbehoefte beter benaderd wordt. Bij betere benuttingsfactoren, ontstaat een level-playing field tussen zware en lichte constructies.

- Langere termijn (update 2030):
  ga uurlijks in plaats van maandelijks rekenen, om daarmee de effecten van biobased zo goed mogelijk mee te nemen. Frankrijk rekent al op deze manier. En de EPBD IV vraagt om uurlijkse simulaties.

7 Bronnenlijst

- Building Balance. (2024). *Onderzoek: bevat de NTA 8800 belemmeringen voor biobased bouwen?* buildingbalance.eu. geraadpleegd op 20250806 van https://buildingbalance.eu/actueel/onderzoek-bevat-de-nta-8800-belemmeringen-voor-biobased-bouwen/.

- DNB. (17 maart 2022). *Economische gevolgen van de oorlog in Oekraïne*. Geraadpleegd op 20250806 van https://www.dnb.nl/media/ol5cqelg/dnbanalyse-economische-gevolgen-van-de-oorlog-in-oekra%C3%AFne_16-mrt.pdf

- DuurzaamGebouwd. (2025). *Biobased bouwen: wat het wel en niét doet voor energie, netcongestie en comfort.* Duurzaamgebouwd.nl. Geraadpleegd op 20250806 van https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20250709-biobased-bouwen-wat-het-wel-en-niet-doet-voor-energie-netcongestie-en-comfort.

- IPLO. (z.d.). *Energiezuinigheid: regels bij nieuwbouw*. Iplo.nl. Geraadpleegd op 20250806 van https://iplo.nl/regelgeving/regels-voor-activiteiten/technische-bouwactiviteit/nieuwbouw/rijksregels/energiezuinigheid/

- Kennisinstituut KERN. (z.d.). *Handboek nZEB-tool. PHPP: een nieuwe standaard in energiebalans*. Geraadpleegd op 20250806 van https://kennisinstituutkern.nl/aanbod/phpp/

- Klimapedia. (2005). *Module W005: Warmteweerstand en warmtedoorgangscoëfficiënt van een constructie*. Geraadpleegd op 20250806 van https://klimapedia.nl/wp-content/uploads/2013/06/W_5_warmteweerstand_en_warmtedoorgang.pdf

- Klimapedia. (2010). *Natuurkunde van de gebouwde omgeving.* Geraadpleegd op20250806 van https://klimapedia.nl/wp-content/uploads/2018/04/Dictaat-Natuurkunde-1-2010.pdf

- Ministerie van Financiën. (2021). *Memorie van Toelichting Artikel 4. Energietransitie gebouwde omgeving en bouwkwaliteit.* Rijksfinanciën.nl. Geraadpleegd op 20250806 van https://www.rijksfinancien.nl/memorie-van-toelichting/2021/OWB/VII/onderdeel/631332

- Nationale Kennisbank Biobased bouwen. (2024). *Webinar Biobased bites: faseverschuiving, energieprestatie & biobased Bouwen.* Geraadpleegd op 20250806 van

- Webinar: https://app.livestorm.co/nkbb/biobased-bites-wat-is-de-impact-van-biobased-bouwen-op-fase-verschuiving/live?s=ba3eea74-892c-4be1-b1a5-b3ae56330e08#/
- Slides van dit webinar: https://buildingbalance.eu/app/uploads/2024/12/biobased-bites-9-faseverschuiving.pdf

- NIBUD. (7 februari 2022). Nibud: Langdurig hoge inflatie vraagt veel van huishoudens, meer hulp en ondersteuning nodig. Nibud.nl. Geraadpleegd op 20250806 van https://www.nibud.nl/nieuws/nibud-langdurig-hoge-inflatie-vraagt-veel-van-huishoudens-meer-hulp-en-ondersteuning-nodig/

- Nieman. (2021). Rapport Standaard en streefwaardes bestaande woningbouw. Nieman.nl. Geraadpleegd op 20250806 van https://www.nieman.nl/wp-content/uploads/2021/03/rapport-standaard-en-streefwaarden-bestaande-woningbouw-nieman-raadgevend-in.pdf

- RVO. (z.d.). Wetten en regels gebouwen. Nieuwbouw. Rvo.nl. Geraadpleegd op 20250806 van https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen#nieuwbouw

8 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

9 Versiebeheer

Nr.	Datum	Auteur	Organisatie	Opm.	Status
01	07-08-2025	Carla Rongen			Startdocument
02	20-8-2025	Frits Schultheiss			Aanvuilingen
03					
04					