



# Ketenanalyse Biobased Isolatiematerialen

Gemeente Arnhem

datum 12 oktober 2023  
projectnummer 192587



# Rapport

## Aveco de Bondt BV

Holten - Amstelveen - Breda - Eindhoven - Nieuwegein

Postbus 64, 7450 AB Holten

T +31 88 004 82 12

[info@avecodebondt.nl](mailto:info@avecodebondt.nl)

[avecodebondt.nl](http://avecodebondt.nl)

---

## Ketenanalyse Biobased Isolatiematerialen

<b>project</b>	CO <sub>2</sub> -Prestatieladder Gemeente Arnhem	<b>datum</b>	12 oktober 2023
<b>contactpersoon</b>	Maud Wolf	<b>referentie</b>	192587_AdB_RAP_000X_v0.5
<b>status</b>	Concept		
<b>auteur</b>	Casper Heijstee, Jetske Mulder, Josia Brüggen		
<b>gecontroleerd</b>	Thomas Stegenga		

---

---



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Vaststellen onderwerpen ketenanalyses	2
1.1	Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>Doelstelling</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Scope en systeemgrenzen</b>	<b>4</b>
3.1	Scope 4	4
3.2	Systeemgrenzen: ketenbeschrijving	4
3.3	Uitsluitingen	5
3.4	Analyse-eenheid	6
<b>4</b>	<b>Kwantificeren van emissies</b>	<b>7</b>
4.1	Warmtevraag	7
4.2	Traditioneel isoleren	8
4.3	Biobased isoleren	8
4.4	Conclusies	9
<b>5</b>	<b>Reductiemogelijkheden</b>	<b>10</b>
5.1	Reductiemogelijkheden	10
5.1.1	Samenwerken met bouwmarkten	10
5.1.2	Beschermen gebouw gebonden soorten	10
5.1.3	Reductiemogelijkheid 3	10
5.2	Reductiedoelstellingen	10
<b>6</b>	<b>Onzekerheden</b>	<b>12</b>
6.1	Dataverzameling	12
6.2	Berekeningen en aannames	12
<b>7</b>	<b>Aanbevelingen</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>Bronvermelding</b>	<b>17</b>

### Bijlagen

Bijlage 1 Datacollectie en datakwaliteit

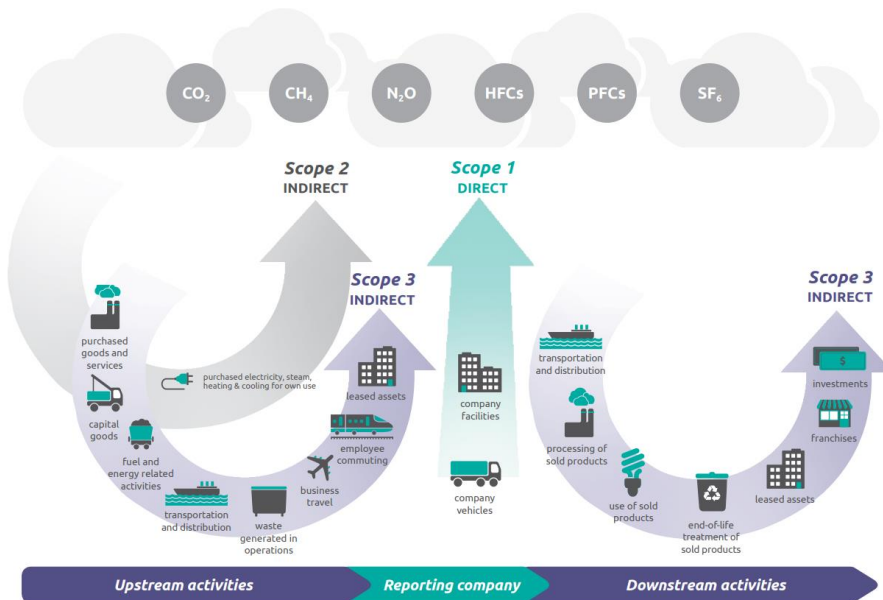


# 1 Inleiding

De Gemeente Arnhem is als groot bedrijf gecertificeerd op niveau 4 op de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder. In het kader van hun CO<sub>2</sub>-Prestatieladder certificering heeft de gemeente zich ten doel gesteld om in 2030 de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot met 40% verlaagd te hebben ten opzichte van 2018. Deze doelstelling wordt gerealiseerd door uitstoot van panden en materieel te verlagen. Hierbij gaat de gemeente de samenwerking aan met haar eigen medewerkers, leveranciers en burgers.

Een belangrijk onderdeel van de CO<sub>2</sub>-prestatieladder is het verkrijgen van inzicht in de Scope 3 emissies van de organisatie. De belangrijkste doelstelling die de gemeente wil behalen met het in kaart brengen van de Scope 3 emissies is het identificeren van CO<sub>2</sub>-reductiekansen en het bepalen van reductiedoelstellingen. In het document '20200204 MME analyse Ketenemissies en ketenanalyses - Gemeente Arnhem CO<sub>2</sub>PL' zijn de meest materiële Scope 3 emissie categorieën in kaart gebracht, volgens de stappen zoals beschreven in de Corporate Value Chain (Scope 3) standaard van het GHG-protocol (Figuur 1). Op basis daarvan zijn twee onderwerpen gekozen om een ketenanalyse op uit te voeren.

Figuur 1. Het scope-diagram van de GHG-protocol.





### 1.1 Vaststellen onderwerpen ketenanalyses

Uit de analyse van *Meest Materiële Emissies* (MME) in het document '20200204 MME analyse Ketenemissies en ketenanalyses - Gemeente Arnhem CO<sub>2</sub>PL' is de onderstaande rangorde van Scope 3 categorieën naar voren gekomen:

Tabel 1: Kwantitatieve rangorde Scope 3 emissie categorieën.

	Scope 3 categorie upstream	Omvang	Invloed gemeente Arnhem
1.	Aanleg en onderhoud GWW (incl. transport en sloop)	+	Groot
2.	Overige inkoop	-	Klein
3.	Afval gemeentelijke bedrijfsvoering	--	Groot
4.	Woon-werk verkeer	-	Middel
7.	Mobiliteit	+	Klein
6.	Gebouwde omgeving: <b>Energie- en CO<sub>2</sub>-reductie</b> Energieopwekking	<b>+</b> <b>++</b>	<b>Groot</b> Groot

Bovenstaande rangorde is vastgesteld op basis van een kwalitatieve analyse. Dikgedrukt de emissiestroom waar de huidige ketenanalyse binnen valt: energie- en CO<sub>2</sub>-reductie binnen de gebouwde omgeving. Voor het vaststellen van deze rangorde zijn de volgende factoren gehanteerd: de mate van invloed van de gemeente op de CO<sub>2</sub>-uitstoot en de relatieve omvang van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Op basis van deze MME zijn de volgende twee ketenanalyses uitgevoerd:

- Biobased isolatiematerialen
- Openbare Ruimte -GWW

Voorliggend document betreft *Ketenanalyse 1: Biobased Isolatiematerialen*. Dit document maakt, samen met *Ketenanalyse 2: Ketenanalyse Openbare Ruimte - GWW* deel uit van de implementatie van de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder.

### 1.1 Leeswijzer

Voor dit document is de volgende leeswijzer van toepassing:

Tabel 2: Leeswijzer.

Hoofdstuk	Inhoud	
2	Doelstelling	Beschrijving van het doel van de ketenanalyse
3	Scope en systeemgrenzen	Onderwerp en reikwijdte van de ketenanalyse
4	Kwantificeren van emissies	Berekening en analyse van de CO <sub>2</sub> -uitstoot in de keten
5	Reductiemogelijkheden	Kansen om CO <sub>2</sub> te reduceren die voortkomen uit de ketenanalyse en reductiedoelstellingen die vastgesteld zijn
6	Onzekerheden	Onzekerheden en verbetermogelijkheden voor de analyse
7	Aanbevelingen	Aanbevelingen voor vervolganalyses
8	Bronvermelding	Gebruikte bronnen
Bijlage 1	Datacollectie en datakwaliteit	Methode van dataverzameling en kwantificering



## 2 Doelstelling

De belangrijkste doelstelling voor het uitvoeren van deze ketenanalyse is het identificeren van GHG-reductiekansen, het definiëren van reductiedoelstellingen en het monitoren van de voortgang. Op basis van het inzicht in de Scope 3 emissies en de drie ketenanalyses wordt een reductiedoelstelling geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem dat is ingevoerd, wordt actief gestuurd op het reduceren van de Scope 3 emissies. Het verstrekken van informatie aan partners binnen de eigen keten en sectorgenoten die onderdeel zijn van een vergelijkbare keten van activiteiten is hier nadrukkelijk onderdeel van. De Gemeente Arnhem zal op basis van deze ketenanalyse stappen ondernemen om partners binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van de reductiedoelstellingen.



## 3 Scope en systeemgrenzen

### 3.1 Scope

Om alle woningen van het gas af te kunnen hebben in 2050 is het noodzakelijk woningen goed te isoleren. Een van de maatregelen die de gemeente Arnhem hiervoor wil promoten is het gebruik van biobased isolatiematerialen. Deze hebben namelijk in vergelijking met traditionele isolatiematerialen een lagere CO<sub>2</sub>-footprint omdat ze gemaakt zijn van hernieuwbare grondstoffen, welke in de productiefase minder CO<sub>2</sub> uitstoten en in de eindelevensfase biobased afbreekbaar zijn.

De gemeente Arnhem kan met name invloed uitoefenen op de kleinere koopwoningen die te maken hebben met energie armoede. Woningen met een laag energielabel kunnen een subsidie aanvragen, waarbij de gemeente 90% van de kosten dekt om het energielabel van de woning met drie stappen te verbeteren. De woningen worden getaxeerd met een energielabel door een energieadviseur van de gemeente. Het isoleren van de woningen wordt uitgevoerd door aannemers die door de gemeente worden aangesteld. Via deze aannemers kan de gemeente dus invloed uitoefenen op dit deel van de isolatieopgave.

In deze analyse worden 2 emissiestromen gemonitord:

1. De operationele emissies (CO<sub>2</sub>-uitstoot door energiegebruik) van de woningen, zowel voor als na verbetering door isolatie. Op die manier is het mogelijk om in kaart te brengen wat de CO<sub>2</sub>-impact is van het verlagen van warmtevraag.
2. De materiaal gebonden emissies. Dit gaat over de CO<sub>2</sub>-impact door de winning, productie, transport en eindelevensfase van traditionele isolatiematerialen, in vergelijking met biobased isolatiematerialen.

De volgende traditionele en biobased isolatiematerialen worden meegenomen in deze analyse:

Traditioneel isolatiemateriaal	Biobased isolatiemateriaal
EPS spouwisolatie	Houtwol
Steenwol	Cellulose
Glaswol	Vlas
PIR-platen	Hennep
Phenol-platen	

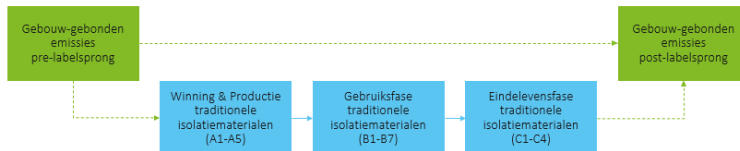
### 3.2 Systeemgrenzen: ketenbeschrijving

**Traditioneel isolatiemateriaal:** In de gemeente Arnhem worden woningen momenteel voornamelijk geïsoleerd met traditionele isolatiematerialen. Traditionele isolatiematerialen beginnen met de winning en productie van grondstoffen, zoals de winning en het smelten van lavastenen (voor steenwol), recycling van glas (voor glaswol) of de fabricage van synthetische halffabricaten vanuit o.a. aardolie (voor EPS, PIR- en Phenolplaten). De winning en verwerking van deze grondstoffen vragen veel energie en hebben daarmee een relatief grote milieu-impact. Tijdens gebruik in gebouwen bieden ze thermische weerstand (dit noemen we ook wel: isolatiewaarde) en verminderen ze energieverbruik, wat de CO<sub>2</sub>-uitstoot van een pand verlaagt. Echter, bij de eindelevensfase kunnen recyclingproblemen en milieu-impact ontstaan omdat traditionele isolatiematerialen in de regel moeilijk recyclebaar zijn en/of schadelijke stoffen bevatten. Daarnaast geven biobased isolatiematerialen bescherming tegen hittestress in de zomer, waardoor airco's niet nodig zijn. Dat komt door de eigenschap 'dampopen én capillair transporterend'. Traditionele isolatiematerialen bevatten deze beide eigenschappen niet.

Onderstaande figuur 2 is een schematische weergave van de emissies die vrijkomen in de huidige situatie, waarin geïsoleerd wordt met traditionele isolatiematerialen. Ook de gebouw-gebonden emissies voor- en na het isoleren zijn hierin weergegeven.



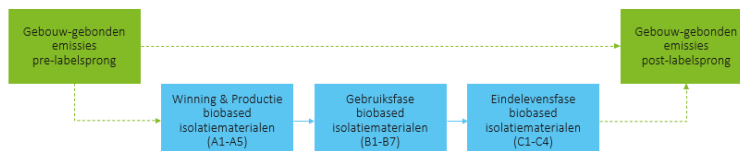
## Huidige situatie met traditionele isolatiematerialen



Figuur 2: ketenstappen van de huidige situatie met traditionele isolatiematerialen

**Biobased isolatiemateriaal:** Als alternatief op traditionele isolatiematerialen wil de gemeente Arnhem de CO<sub>2</sub>-impact reduceren door te isoleren met biobased isolatiematerialen. Biobased isolatiematerialen worden geproduceerd uit hernieuwbare bronnen zoals houtwol, hennep, vlas en cellulose. De winning en verwerking van deze grondstoffen vereisen doorgaans minder energie en hebben een lagere milieubelasting dan traditionele isolatiematerialen. Tijdens de gebruiksfase in gebouwen bieden biobased materialen thermische isolatie en dragen ze bij aan energie-efficiëntie door het verminderen van warmteverlies en koelingsbehoeften. Bij de eindelevensfase zijn biobased isolatiematerialen vaak biologisch afbreekbaar, wat de afvalimpact vermindert. Onderstaande figuur 3 is een schematische weergave van de productie-, gebruik- en eindelevensfase van biobased isolatiematerialen, inclusief de gebouw-gebonden emissies voor en na het isoleren. In dit overzicht zijn in groen de gebouw-gebonden emissies pre- en post labelsprong meegenomen. Dit zijn niet echt ketenstappen en het energieverbruik van de woning wordt meegenomen in de ketenstap “gebruiksfase”.

## Beoogde situatie met biobased isolatiematerialen



Figuur 3: ketenstappen van de beoogde situatie met biobased isolatiematerialen

### 3.3 Uitsluitingen

Er zijn geen ketenstappen die uitgesloten zijn van de analyse. De CO<sub>2</sub> uitstoot van de isolatiematerialen is genomen uit de GPR. Deze houdt rekening met alle levensfasen.

Van de totaal 82.245 woningen was voor 5.071 (3%) van de woningen geen woningtype aangegeven. Deze woningen zijn uitgesloten van de analyse.





### 3.4 Analyse-eenheid

Het doel van deze ketenanalyse is het inzichtelijk maken van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van traditionele- versus biobased isolatiematerialen. Hierbij worden alle ketenstappen voor de isolatiematerialen meegenomen die CO<sub>2</sub>-impact hebben, vanaf de winning tot en met de eindelevensfase. Deze ketenstappen zijn weergegeven in onderstaande Tabel 3. Vervolgens kan worden bepaald welke stappen veel CO<sub>2</sub> uitstoten en in hoeverre de twee situaties van elkaar verschillen in uitstoot. In de volgende paragrafen worden de individuele ketenstappen verder toegelicht.

Tabel 3: Ketenpartners en emissies.

Ketenstap	Ketenpartner	Veroorzaakte emissies
Winning en productie	Producenten van de isolatiematerialen Aannemers	In deze ketenstap worden de grondstoffen voor de isolatiematerialen gewonnen en verwerkt tot isolatiematerialen. <b>Traditionele isolatiematerialen:</b> Traditionele isolatiematerialen worden vervaardigd door grondstoffen zoals glas, lavastenen en halffabricaten vanuit aardolie te verwerken via diverse productietechnieken. Deze winning en productie gaan gepaard met energie-intensieve processen die bijdragen aan de uitstoot van broeikasgassen, zoals CO <sub>2</sub> . <b>Biobased isolatiematerialen:</b> Biobased isolatiematerialen worden gewonnen en geproduceerd uit natuurlijke, hernieuwbare bronnen zoals plantaardige vezels, houtzaagsel en houtsnippers, wat bijdraagt aan een meer duurzame en milieuvriendelijke productieketen.
Gebruiksfase	Bewoners Aannemers	De gebruiksfase van isolatiematerialen omvat de periode waarin deze materialen actief worden ingezet voor het isoleren van de gebouwde omgeving. Hierbinnen dragen ze bij aan een lagere warmtevraag van deze gebouwen. <b>Traditionele isolatiematerialen:</b> Gedurende de gebruiksfase bieden traditionele isolatiematerialen thermische weerstand en dragen ze tijdens de winter bij aan het handhaven van een stabiele binnentemperatuur en energie-efficiëntie in gebouwen. Tijdens de zomer hebben deze materialen geen functie aangaande verminderen van hittestress binnenshuis. <b>Biobased isolatiematerialen:</b> Tijdens de gebruiksfase bieden biobased isolatiematerialen effectieve thermische isolatie en dragen ze tijdens de winter bij aan energie-efficiëntie door het verminderen van warmteverlies en energieverbruik in gebouwen. Tijdens de zomer leveren deze materialen een belangrijke bijdrage in het voorkomen van hittestress in woningen. Bij een goed ontwerp en een goed gebruik van de woning is een airco niet meer nodig, ook dit gegeven heeft een grote impact op de CO <sub>2</sub> -uitstoot.
Fase Eindelevensduur	Aannemers	Isolatiematerialen kunnen in afgeschreven worden om een groot aantal verschillende redenen. Bijvoorbeeld omdat ze na een aantal jaren niet langer voldoende isolerend werken, of omdat het gebouw afgebroken wordt. In deze fase is de juiste afvoer en verwerking essentieel om milieuschade te minimaliseren en bij te dragen aan duurzame sloop- en recyclingpraktijken. <b>Traditionele isolatiematerialen:</b> Bij de eindelevensfase van traditionele isolatiematerialen kunnen recycling- en afvoerproblemen ontstaan, vanwege hun potentieel schadelijke aard en moeilijkheid om tot een volledig recyclebaar product te komen. <b>Biobased isolatiematerialen:</b> Biobased isolatiematerialen kunnen in de eindelevensfase vaak gerecycled worden, of zijn geschikt voor compostering, waardoor ze een duurzamere afvoeroptie bieden in vergelijking met sommige traditionele isolatiematerialen.



## 4 Kwantificeren van emissies

De CO<sub>2</sub>-uitstoot van de verschillende ketenstappen zoals beschreven in Hoofdstuk 3 is bepaald aan de hand van de beschikbare gegevens. De achterliggende berekening is te vinden in het document '20230629\_AdB\_XLS\_Ketenanalyse Biobased Isoleren'. Het doel van deze ketenanalyse is het scheppen van inzicht in de CO<sub>2</sub>-uitstoot binnen de keten van het isoleren van de gebouwde omgeving van de gemeente Arnhem. Hierbij wordt expliciet gekeken naar het verschil in uitstoot tussen de traditionele- en biobased isolatiematerialen. Met behulp van dit inzicht wordt vervolgens onderzocht in hoeverre de CO<sub>2</sub>-uitstoot binnen de keten verminderd kan worden en welke reductiemaatregelen doorgevoerd kunnen worden.

### 4.1 Warmtevraag

Tabel 4 geeft een overzicht van de absolute totale CO<sub>2</sub>-uitstoot die hoort bij de reductie in de warmtevraag van de gebouwde omgeving van Arnhem. Het uitgangspunt van deze berekening is dat de verbetermaatregelen niveau 3 worden toegepast (volgens het rapport Standaard en Streefwaarden).

Hoewel de bekende energie labels een mooi uitgangspunt kunnen vormen voor het berekenen van de huidige energievraag, zijn de specialisten van Aveco de Bondt het erover eens dat BENG 2-labelsystematiek geen goede indicator is van de werkelijke warmtevraag. BENG-2 is immers gebaseerd op primair fossiel energiegebruik (EP2), waarin ventilatiesystemen meegenomen worden en waarbij een schone of efficiënte energiebron (zonnepanelen of stadswarmte) het label positief beïnvloeden. Dit is echter niet hetzelfde als een verbetering van de isolatiewaarde en leidt dus niet tot een kleinere energievraag. Een huis met een grote energievraag kan qua label dus goed scoren.

Breder geaccepteerd is het Niemann-rapport 'Standaard en Streefwaarden Bestaande Woningbouw'<sup>1</sup>, dat isolatiestandaard voorschrijft. De beoogde isolatiewaarde is echter gebaseerd de totale verliesoppervlakte (A<sub>is</sub>) en de compactheid van de woning. Die laatste indicator is niet bekend in de dataset.

Daarom grijpt deze analyse naar een alternatief: het Niemann-rapport 'Standaard en streefwaarden' beschrijft een methode om de netto warmtevraag in te schatten op basis van bouwjaar en woningtype. Bovendien staat er beschreven welke warmtereductie realiseerbaar is dankzij ingrepen. In voorliggend rapport is uitgegaan van de 'bovengrens gangbare verbetermaatregelen'. Dat wil zeggen: complexmatige toepassing van meest recente isolatiematerialen. In plaats van 3 labelsprongen per woning is dus uitgegaan van gereduceerde warmtevraag, gebaseerd op woningtype en bouwjaar.

Op basis van de beschikbare data is voor 76375 woningen (93% van de totale woningvoorraad à 82245 woningen) een berekening gemaakt. Zie de bijlage voor een verdere toelichting@.

De CO<sub>2</sub>-uitstoot is uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-eq. De huidige warmtevraag van de gebouwde omgeving in de omgeving Arnhem leidt in totaal tot **21.516 ton CO<sub>2</sub>-eq** per jaar. Na het doorvoeren van de verbetermaatregelen is de warmtevraag van de gemeente **10.526 ton CO<sub>2</sub>-eq**.

Tabel 4: Totale CO<sub>2</sub>-uitstoot (uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-eq) van de warmtevraag.

Ketenstap	Totale netto warmtevraag (MWh)	Totale CO <sub>2</sub> -uitstoot (ton CO <sub>2</sub> -eq)
Huidige warmtevraag	1.055.933	21.516
Na verbetermaatregelen	516.567	10.526
<b>Totaal verschil</b>	<b>539.366</b>	<b>10.990</b>

<sup>1</sup> <https://n6e5c9b7.rocketcdn.me/wp-content/uploads/2021/03/rapport-standaard-en-streefwaarden-bestaande-woningbouw-nieman-raadgevend-in.pdf>



## 4.2 Traditioneel isoleren

Tabel 5 geeft een overzicht van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot voor het isoleren van de gebouwde omgeving van Arnhem met traditioneel isolatiemateriaal. Als uitgangspunt geldt dat de toevoeging van onderstaand materialen leidt tot een toename van de Rc waarde met 3,5 m<sup>2</sup>K/W.

De CO<sub>2</sub>-uitstoot is uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-eq. Wanneer alle woningen volgens de bovengrens verbetermaatregelen worden geïsoleerd, liggen de materiaal gebonden emissies van de toegepaste isolatie tussen de **69.003 en 172.612 ton CO<sub>2</sub>-eq, met een gemiddelde van 111.000 ton CO<sub>2</sub>-eq**. PIR-platen zijn verreweg het meest vervuilend, terwijl glaswol het minst slecht goed scoort. Phenol heeft niet de hoogste waarde, maar heeft relatief weinig volume nodig om de Rc-waarde met 3,5 m<sup>2</sup>K/W te verhogen.

Tabel 5. Totale CO<sub>2</sub>-uitstoot (uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-eq) van traditioneel isoleren bij toename Rc-waarde 3,5 m<sup>2</sup>K/W.

Isolatiemateriaal	Aantal m <sup>3</sup> isolatiemateriaal	Totale CO <sub>2</sub> -uitstoot (ton CO <sub>2</sub> -eq)
Steenwol	1.140.560	102.878
Glaswol	1.140.560	69.003
EPS-platen	1.010.211	121.427
PIR-platen	749.511	172.612
Phenol	651.749	93.786

## 4.3 Biobased isoleren

Onderstaande Tabel 6 geeft een overzicht van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot wanneer biobased isolatiematerialen worden toegepast. Ook hier geldt als uitgangspunt dat de toevoeging van onderstaand materialen leidt tot een toename van de Rc waarde met 3,5 m<sup>2</sup>K/W.

Een verbetering van de woningen met behulp van biobased isolatiematerialen leidt tot materiaal gebonden emissies **tussen 11.210 en 52.752 ton CO<sub>2</sub>-eq, met een gemiddelde van 36.420 ton CO<sub>2</sub>-eq**. Daarbij valt direct op dat er méér volume biobased isolatiemateriaal nodig is om een isolatiewaarde te behalen die gelijk is aan 'traditionele' producten. Qua milieu-impact scoort cellulose het best, gevolgd door hennep en houtwol. Vlas scoort het minst goed, maar nog altijd beter dan het meest duurzame traditionele materiaal (glaswol).

Tabel 6. Totale CO<sub>2</sub>-uitstoot (uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-eq) van traditioneel isoleren.

Isolatiemateriaal	Aantal m <sup>3</sup> isolatiemateriaal	Totale CO <sub>2</sub> -uitstoot (ton CO <sub>2</sub> -eq)
Houtwol	1.173.148	47.043
Cellulose	1.303.498	11.210
Vlas	1.238.323	52.752
Hennep	1.303.498	34.673

Wanneer we het gemiddelden van bovenstaande tabellen vergelijken, valt te concluderen dat de toepassing van biobased leidt tot 68% minder CO<sub>2</sub>-uitstoot dan bij de toepassing van traditionele isolatiematerialen.

Daarnaast is het mogelijk om in kaart te brengen hoeveel CO<sub>2</sub> er opgeslagen ligt in biobased isolatiematerialen. Volgens de Whole Life Carbon methodiek van het DGBC is het niet toegestaan deze CO<sub>2</sub>-opslag af te trekken van de getallen hierboven en zo tot een geïntegreerde index te komen. Desondanks is het inzichtelijk om hoogte van te nemen. Onderstaande tabel 7 toont de biogene CO<sub>2</sub> die hoort bij bovengenoemde volumes.

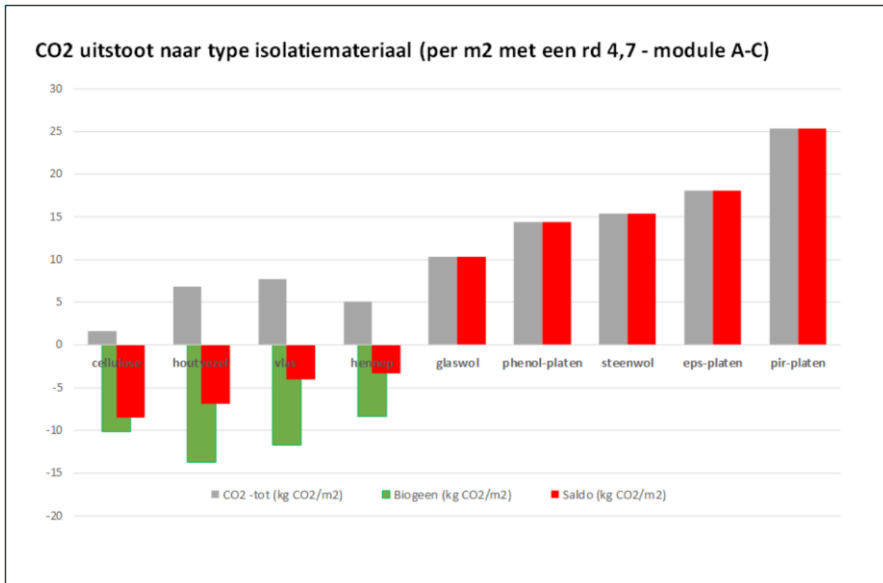
Tabel 7. CO<sub>2</sub>-opslag in biobased isolatiematerialen.

Isolatiemateriaal	CO <sub>2</sub> -opslag in materiaal (ton CO <sub>2</sub> -eq)
Houtwol	94.907
Cellulose	69.737



Vlas	80.614
Hennep	57.353

Het valt op dat de opgeslagen CO<sub>2</sub> flink hoger ligt dan de uitstoot om het materiaal te produceren.



Figuur 1. CO<sub>2</sub>-uitstoot naar type isolatiemateriaal.

#### 4.4 Conclusies

**Reductie in warmtevraag:** Door isolatie toe te voegen aan woningen (en zo de Rc-waarde te verhogen met een Rc-waarde 3,5 m<sup>2</sup>K/W), wordt jaarlijks **539.366 MWh en 10.990 ton CO<sub>2</sub>-eq bespaard**. Dit is een reductie van **51% ten opzichte van de huidige warmtevraag**.

Het toevoegen van isolatiemateriaal leidt echter ook tot uitstoot. Daarom zijn de **materiaal gebonden emissies van traditionele en biobased isolatiematerialen** inzichtelijk gemaakt. Bij toepassing van isolatiemaatregelen op de woningvoorraad van de gemeente Arnhem ligt de milieu-impact van biobased materialen gemiddeld **75.000 ton CO<sub>2</sub>-eq** lager dan wanneer traditionele materialen worden toegepast. Daarbij blijken cellulose en hennep het meest milieuvriendelijk, waar PIR- en EPS platen het meest schadelijk zijn.



## 5 Reductiemogelijkheden

Zoals hierboven geconcludeerd, resulteert het toepassen van isolatiematerialen jaarlijks in een CO<sub>2</sub>-reductie van 10.990 ton CO<sub>2</sub>-eq. Wanneer biobased isolatiematerialen toegepast worden, leidt dat gemiddeld tot 36.420 ton CO<sub>2</sub>-uitstoot, 68% minder dan bij de toepassing van traditionele isolatiematerialen. Met dit inzicht worden in dit hoofdstuk reductiemogelijkheden en -maatregelen nader onderzocht.

### 5.1 Reductiemogelijkheden

#### 5.1.1 Samenwerken met bouwmarkten

Een combinatie van enerzijds verkoop van biobased isolatiematerialen aan particulieren, anderzijds het gemeentelijk subsidieproject van de huidige ketenanalyse, creëert een krachtig mechanisme om CO<sub>2</sub>-emissies te verminderen. De beschikbaarheid van deze duurzame materialen in bouwmarkten in Arnhem moedigt namelijk alle huiseigenaren aan om hun woningen energie-efficiënter te maken op de meest duurzame manier, ook de bewoners van de gemeente die geen recht hebben op de isolatie subsidie. Houd daarbij rekening met het feit dat sommige biobased materialen een dampremmer nodig hebben. Het is niet verstandig om alle particulieren zelf aan de slag te laten gaan, zonder dat vooraf advies verkregen is.

#### 5.1.2 Beschermen gebouw gebonden soorten

Er zijn diverse gebouw gebonden diersoorten zoals de gierzwaluw, huismus en dwergvleermuizen, die nestelen in spouwmuren. Als spouwmuren worden gevuld met isolatiemateriaal worden deze dieren gedood en/of worden hun nestplekken weggenomen. Dit levert dit grote problemen op voor de biodiversiteit. De gemeente Utrecht heeft hier in afstemming met isolatiespecialisten een oplossing voor ontwikkeld: Natuurvriendelijk isoleren. Met deze nieuwe methode kunnen de dieren ontsnappen voordat er wordt geïsoleerd en worden er (alternatieve) verblijfplaatsen voor de dieren ingericht. Ook het ministerie van BZK is bezig met soortenbescherming bij na-isolatie, en heeft hier budget voor gereserveerd. Rekening houden met beschermde vogels en vleermuizen is ook wettelijk verplicht volgens de Wet Natuurbescherming. Aanbevolen wordt om aan te sluiten bij deze projecten van het ministerie van BZK en de gemeente Utrecht.

#### 5.1.3 Meenemen van beglazing

Bij het isoleren van gebouwen, is het van belang naast muren, gevels en daken ook de beglazing van het gebouw mee te nemen. Een vervolgstap in het biobased isoleren van de gebouwde omgeving van de gemeente, is dan ook het meenemen van de uitstoot en reductiemogelijkheden met betrekking tot het glas in de woningen.

#### 5.1.4 Intelligente aanpak isolatie

Om te realiseren dat de gemeente Arnhem klimaatneutraal opereert in 2050, kan het verstandig zijn een intelligente aanpak voor de stad als geheel te bedenken. Bij een intelligente aanpak wordt telkens overwogen wat de meest klimaat- en kosteneffectieve manier is om de gemeente te isoleren. Hierbij kan het zo zijn dat sommige panden extra geïsoleerd worden, waardoor andere panden minder ingrijpend geïsoleerd te hoeven worden. Op die manier kunnen we toch het doel van klimaatneutraliteit bereiken, met lagere investeringen in de totale renovatie van de stad.

### 5.2 Reductiedoelstellingen

De reductiedoelstelling voor biobased isoleren binnen de gemeente Arnhem is: *In 2028 zijn 10% van uitgegeven subsidies/ regelingen bestemd voor biobased isolatiematerialen.*

Om het percentage uitgegeven subsidies om te rekenen naar CO<sub>2</sub>-uitstoot, is de volgende berekening gemaakt: het gemiddelde is genomen van de hoeveelheden traditioneel- en biobased isolatiemateriaal, benodigd voor het isoleren van de woningvoorraad. Voor het 100% traditioneel isoleren van de woningvoorraad is 938.518 kg materiaal nodig, met een totale uitstoot van 111.941 CO<sub>2</sub>. Voor het volledig biobased isoleren van de woningvoorraad is 1.254.617 kg materiaal nodig, met een totale uitstoot van 36.420 kg CO<sub>2</sub>. Als er voor 90% wordt geïsoleerd met traditioneel materiaal, en voor 10% met biobased materiaal kost dit 970.128 kg materiaal, wat in totaal 104.389 kg CO<sub>2</sub> uitstoot. Concluderend, omgerekend naar CO<sub>2</sub>-uitstoot betekent de gestelde doelstelling een reductie van 7.552 kg CO<sub>2</sub>, een reductie van 7% ten opzichte van alleen gebruikmaken van traditionele isolatiematerialen. Hierbij is wel de aanname gemaakt dat het biobased isoleren van de



woningvoorraad geen extra kosten met zich meebrengt, en het traditionele isolatiemateriaal wat betreft kosten dus één op één vervangen kan worden door biobased materiaal.



## 6 Onzekerheden

### 6.1 Dataverzameling

De gemeente Arnhem heeft een dataset aangeleverd met daarin alle 82.245 woningen die onder de gemeente Arnhem vallen. Per woning is het bouwjaar, oppervlakte, gebruiksdoel, woningtype energielabel en registratiedatum van het label, plus de status opgegeven. Zie voor een voorbeeld van de opgegeven data ook tabel 8. Op basis van deze data is berekend wat huidige warmtevraag voor en na isoleren is. Daarnaast zijn gegevens over de verschillende traditionele- en biobased isolatiematerialen geraadpleegd in Categorie 1 data (Life Cycle Assessments).

### 6.2 Berekeningen en aannames

De berekeningen zijn uitgevoerd in het Exceldocument '20230106\_AdB\_XLS\_Ketenanalyse Biobased Isolatiematerialen'. Hierbij zijn een aantal aannames gedaan:

#### Vaststellen huidige warmtevraag

De gemeente Arnhem heeft een dataset aangeleverd met daarin 82245 woningen. Van iets meer dan de helft (48049) is het energielabel bekend bij de gemeente. De data lijkt in grote lijnen te kloppen, maar bevat ook opmerkelijke waarden: zo zijn er flink wat woningen die na 2000 zijn gebouwd, maar een slechte energieprestatie hebben (label F of G, zie voorbeeld in onderstaande tabel 8). Dat is wettelijk niet toegestaan<sup>2</sup>, dus vermoedelijk is hier een onjuist bouwjaar (renovatie) of verkeerd label ingevoerd.

Tabel 8. Uittreksel van de dataset van een woning gebouwd na 2000 met een laag energielabel

Bouwjaar	Status	Oppervlakte	Gebruiksdoel	Inhoud	Inhoud/ Oppervlakte	Woningtype	Registratiedatum Energielabel	Energielabel
2021	Verblijfsobject in gebruik	26	woonfunctie	81	3,1	appartement	17-3-2022	F

Hoewel de bekende energie labels een mooi uitgangspunt kunnen vormen voor het berekenen van de huidige energievraag, zijn de specialisten van Aveco de Bondt het erover eens dat BENG 2-labelsystematiek geen goede indicator is van de werkelijke warmtevraag. BENG-2 is immers gebaseerd op primair fossiel energiegebruik (EP2), waarbij een schone of efficiënte energiebron (zonnepanelen of restwarmte) het label positief beïnvloeden. Dit leidt echter niet tot een kleinere energievraag. Een huis met een grote energievraag kan qua label dus goed scoren.

Breder geaccepteerd is het Niemann-rapport 'Standaard en Streefwaarden Bestaande Woningbouw'<sup>3</sup>, waarin een standaard staat beschreven waar bestaande woningen aan moeten voldoen om de CO<sub>2</sub>-uitstoot terug te dringen. Het rapport beschrijft een methode om de netto warmtevraag in te schatten, op basis van bouwjaar en woningtype. Zie onderstaande tabel 9 voor een overzicht van de gemiddelde netto warmtevraag.

Tabel 9. Gemiddelde netto warmtevraag (kWh/m<sup>2</sup>) niveau 0 huidig (WoOn2018), inschatting o.b.v. Standaard- en streefwaarden.

	Tussenwoning	Hoekwoning	Vrijstaande woning	Galerij/portiekwoning
<1945	160	200	200	170
1945-75	145	165	190	145
1975-95	110	130	140	105
>1995	80	95	105	75

<sup>2</sup> Wet energieprestatie gebouwen: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0023734/2021-01-01>

<sup>3</sup> <https://n6e5c9b7.rocketcdn.me/wp-content/uploads/2021/03/rapport-standaard-en-streefwaarden-bestaande-woningbouw-niemann-raadgevend-in.pdf>



### Vaststellen warmtevraag na isolatie en totale warmtevraagreductie

In plaats van het zetten van een labelstap heeft de gemeente Arnhem laten weten in te zetten op de isolatiestandaard, voortkomend uit het eerder genoemde document Standaard en Streefwaarden. Deze isolatiestandaard is direct afhankelijk van de compactheid (gebaseerd op het van de woning. Om de compactheid te berekenen, is data van het totale verliesoppervlak  $A_{is}$  nodig. Die data is niet beschikbaar.

Om toch een inschatting te maken van de warmtevraag ná isolatiemaatregelen, volgt deze analyse de gemiddelde netto warmtevraag na het treffen van “bovengrens verbetermaatregelen” (niveau 3 in het rapport ‘Standaard en Streefwaarden bestaande woningenbouw’). Dat wil zeggen: complexmatige toepassing van de meest recente isolatiematerialen. In plaats van 3 labelsprongen per woning of de isolatiestandaard is dus uitgegaan van gereduceerde warmtevraag, gebaseerd op woningtype en bouwjaar. Hoewel dit volgens de specialisten van Aveco de Bondt de meest betrouwbare methode is, is het onmogelijk om een gedetailleerde inschatting te maken van de volledige woningvoorraad in Arnhem. In onderstaande tabel 10 staan de nieuwe waarden voor de gemiddelde netto warmtevraag na het treffen van maatregelen.

Tabel 10. Gemiddelde netto warmtevraag (kWh/m<sup>2</sup>) niveau 3 Bovengrens verbetermaatregelen (WoOn2018), inschatting o.b.v. Standaard- en streefwaarden.

	Tussenwoning	Hoekwoning	Vrijstaande woning	Galerij/portiekwoning
<1945	140	190	215	140
1945-75	65	80	100	70
1975-95	65	75	95	70
>1995	75	90	100	65

Om de milieu-impact van het jaarlijkse energieverbruik te berekenen, rekent dit rapport met de emissiefactor voor aardgas (5,66 kg CO<sub>2</sub>/MJ)<sup>4</sup>. Dit gaat voorbij aan het feit dat deel van de woningen wellicht is overgestapt op stadsverwarming of inmiddels *all-electric* is.

### Vaststellen hoeveelheid isolatiemateriaal

Het is onbekend hoe en in welke mate de woningen in Arnhem geïsoleerd zijn. Daarom doet dit rapport een aanname: ongeacht bouwjaar of woningtype verhogen we de isolatiewaarde (Rc-waarde) van de woning met 3,5 m<sup>2</sup>K/W. Op basis van die aanname is het mogelijk te rekenen met de lambdawaarden van verschillende isolatieproducten en in te schatten welk volume nodig is om tot een betere isolatiewaarde te komen.

Op basis van expert judgement zijn de meest representatieve en beschikbare isolatiematerialen geselecteerd. Het grote aantal verschillende producenten en aanbieders van isolatiematerialen maakt het lastig om individuele producten te vinden met een representatieve milieu-impact. Om die reden is ervoor gekozen om per materiaal een gemiddelde te nemen van ca. 3 beschikbare producten en bijbehorende Life Cycle Assessments (LCA's).

Het aanbrengen van isolatiemateriaal heeft weinig effect wanneer de beglazing buiten beschouwing blijft. Over het algemeen geldt dat de stap van dubbelglas naar HR++ bijna de helft van de warmtevraagreductie realiseert. Om die reden schrijven we 58% van de reductie toe aan isolatiemateriaal. De andere 42% komt op het conto van beglazing. In een volgende ketenanalyse kunnen wij de mogelijkheden op het gebied van beglazing onderzoeken.

Voor de woningoppervlakte en geveloppervlakte zijn we van gemiddelden uitgegaan. Eventueel kunnen we daar later op terugkomen.

<sup>4</sup> <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/03/Nederlandse-energiedragerlijst-versie-januari-2020.pdf>





## 7 Monitoring

De gemeente Arnhem heeft ongeveer 81.000 woningen, waarvan 70% per eind 2030 aan de isolatiestandaard moet voldoen. Deze woningen hebben recht op twee verschillende subsidieregelingen om hen te helpen bij dit isolatievraagstuk: de SEWA (7.500 woningen) en de KWAS (1.500 woningen).

De manier waarop de voortgang op de voorliggende ketenanalyse gerealiseerd kan worden, is afhankelijk van het soort woning en de subsidie waar de bewoners recht op hebben. Onderstaand per subsidie de mogelijkheden tot monitoring:

1. SEWA (7.500 woningen)
  - a. Collectief bezit, **gespikkeld** – monitoring via de ontzorgings-adviseur en de uitvoerende aannemers middels de contracten met de gemeente
  - b. Collectief bezit, niet **gespikkeld** – monitoring via de uitvoerende aannemers middels de contracten met de gemeente
  - c. Individueel bezit – monitoring via de ontzorgings-adviseur
2. KWAS (1.500 woningen)

Daarnaast zijn de woningen in de gemeente Arnhem grofweg in drie categorieën in te delen. Onderstaand per type bezit de mogelijkheden tot monitoring:

- 50% particuliere eigenaren – monitoring via de uitvoerende aannemers middels de contracten met de gemeente
- 30% Woning coöperaties – monitoring via de woning coöperaties
- 15% Particuliere verhuurders – monitoring deels via de uitvoerende aannemers middels de contracten met de gemeente, deels door navraag te doen via een intermediair, en voor een deel is monitoring geen mogelijkheid voor deze sector.

**Met opmerkingen [JM1]:** @rob, wat betekent "gespikkeld"? Of heb ik het woord niet goed gelezen?

**Met opmerkingen [JM2]:** @Rob, dit is in totaal niet 100%



## 8 Aanbevelingen

De gemeente heeft de ambitie om de woningvoorraad te isoleren en daarbij een sprong van drie labels na te streven. Het is van belang dat Arnhem uiteindelijk klimaatneutraal wordt. Daarom kan het verstandig zijn om een 'intelligente aanpak' voor de stad als geheel te bedenken (waarin ik ook de woningbouwcorporaties zou betrekken): bij een intelligente aanpak kies je ervoor om sommige panden extra te isoleren, waardoor je sommige panden niet - of minder ingrijpend - hoeft te isoleren. Dan kom je in totaliteit alsnog uit op '0'. Maar met lagere investeringen. Er zijn verschillende standaarden die als richtlijn kunnen werken. Denk aan de standaard uit het Rapport 'Standaard en Streefwaarden Bestaande Woningbouw' van Nieman, dat ook eerder in dit rapport gebruikt is om de netto warmtevraag vast te stellen. Een alternatief is de Paris-proof norm. Op die manier worden woningen gericht toekomstbestendig aangepakt.

Probeer gericht naar Paris Proof toe te werken.

Verdere aanbevelingen:

- Hoewel het verleidelijk is om gevel-, dak- en vloerisolatie als oplossing te zien, kan het hooguit als eerste stap worden beschouwd. Het totaalplaatje van verduurzaming van een woning vraagt namelijk ook aandacht voor isolatie van panelen, voordeur, ramen & kozijnen, ventilatie en kierdichting.
- op basis van onderzoek Nieman kan nog niet 'de standaard' worden vastgesteld, aanvullend onderzoek naar kosten en baten van de standaard is parallel uitgevoerd. Vanuit technisch oogpunt is het advies om de standaard vast te stellen tussen niveau 3 en 4.
- Streefwaarden (dat is op bouwdeelniveau): Niveau 4 = spijtvrij. Advies = niveau 4 als streefwaarden vaststellen. Som streefwaardes is niet 'de standaard' (zie paragraaf 8.3). Als alle streefwaardes worden gerealiseerd, wordt ruimschoots aan de standaard voldaan.
- 'De spijtvrije standaard' is beleidsmatig gedefinieerd als: een standaard waarbij voor een vooroorlogse woning wordt uitgegaan van een warmtevoorziening van 70°C en bij een naoorlogse woning van 50 °C.
- Maatwerkplan nodig: stel een gevel heeft reeds een Rc van 5, dan ga je deze niet aanpassen naar een Rc van 6.



	Minimale waarden die opgeteld tot de standaard leiden	Streefwaarden
Dak	$R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ (afhankelijk van het isolatiemateriaal 8 -15 cm isolatie)	$R_c = 8 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ongeveer 35cm isolatie)
Vloer	$R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ (afhankelijk van het isolatiemateriaal en voertype 7 - 14 cm isolatie onder de vloer)	$R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ongeveer 14cm isolatie)
Gevel	$R_c = 1,7 \text{ m}^2\text{K/W}$ (parels, vlokken of schuim in de spouwmuur) <i>NB Uitsluitend voor naoorlogse woningen</i>	$R_c = 6 \text{ m}^2\text{K/W}$ (ongeveer 26 cm isolatie)
Paneel	Indien aanwezig: isolatiewaarde $R_c = 1 \text{ m}^2\text{K/W}$ (40 mm sandwichpaneel)	1,4 W/m <sup>2</sup> K (geïsoleerd)
Ramen en Kozijnen	U-waarde raam = 1,4 W/m <sup>2</sup> K (HR <sup>++</sup> glas)	$U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Triple glas in nieuwe kozijnen)
Voordeur	1,4 W/m <sup>2</sup> K (geïsoleerd)	1,4 W/m <sup>2</sup> K (geïsoleerd)
Ventilatie	natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging in toilet, keuken en badkamer of gebalanceerde ventilatie met sensorsturing in woonkamer en hoofslaapkamer	gebalanceerde ventilatie met warmte terugwinning, sturing op toe- of afvoer door CO <sub>2</sub> -meting
Kierdichting	$q_{v,10} = 0,7 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ (verbeterde kierdichting van ramen en deuren en aansluiting gevel en dak)	$q_{v,10} = 0,4 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$ (verder verbeterde kierdichting van ramen en deuren en aansluiting gevel en dak door een professional)
<b>Toelichting</b>	Al deze maatregelen opgeteld leiden tot de standaard. Deze waarden zijn binnen de bestaande constructie te realiseren	Al deze maatregelen opgeteld leiden tot een verdere reductie van de warmtevraag dan de standaard. Bij deze waarden wordt meestal de buitenzijde de woning van een isolatieschil voorzien.

Tabel 24: Vergelijking standaard en streefwaarden



## 9 Bronvermelding

Bron
SKAO, Handboek CO <sub>2</sub> -Prestatieladder versie 3.1, juli 2023
GHG Protocol, Corporate Accounting & Reporting standard, 2004
GHG Protocol, Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, 2010
GHG Protocol, Product Accounting & Reporting Standard, 2010
NEN-EN-ISO 14044, Nederlandse norm Environmental management – Life Cycle assessment – Requirements and guidelines
Standaard en Streefwaarden Bestaande Woningbouw, 2021



## Bijlage 1 Datacollectie en datakwaliteit

De sterke voorkeur bij de datacollectie ligt bij het gebruik van primaire data. Secundaire (proxy) data wordt alleen gebruikt als er geen andere gegevens aanwezig zijn. De volgorde waarin de datacollectie is uitgevoerd staat in de volgende lijst weergegeven:

1. Primaire data op basis van gemeten CO<sub>2</sub>-uitstoot gegevens.
2. Primaire data op basis van gebruikte brandstoffen/ energieverbruik. CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt berekend met een CO<sub>2</sub>-conversiefactor.
3. Secundaire data op basis van gemeten CO<sub>2</sub>-uitstoot gegevens.
4. Secundaire data op basis van brandstof/ energieverbruik. CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt berekend met een CO<sub>2</sub>-conversiefactor.
5. Secundaire data over CO<sub>2</sub>-uitstoot uit algemene (sector)databases.

Een uitgangspunt bij elke ketenanalyse is dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot, binnen de ketenstappen die uitgevoerd zijn door het bedrijf dat de ketenanalyse maakt, gebaseerd moet zijn op primaire data. Aangezien alle ketenstappen niet uitgevoerd zijn door de Gemeente Arnhem zelf was het binnen deze analyse lastig om primaire data te verzamelen. Om deze reden is vaak gebruik gemaakt van secundaire data in de vorm van brandstof/energieverbruik van vergelijkbaar materieel en/ of (sector)databases.

Binnen deze ketenanalyse is gebruik gemaakt van de database GPR Gebouw. Deze database bevat veel CO<sub>2</sub>-uitstoot gegevens, voornamelijk voor het beoordelen en optimaliseren van duurzaamheid, circulariteit en energieprestaties van gebouwen:

- I. Technologisch representatief; De GPR Gebouw bevat geavanceerde tools en analyses om de duurzaamheidsprestaties van gebouwen te beoordelen en te optimaliseren volgens actuele normen en richtlijnen.
- II. Temporaal representatief; De GPR Gebouw voort continue updates uit die inspelen op veranderende normen en trends binnen de duurzaamheidsbeoordeling van gebouwen.
- III. Geografisch representatief; Waar mogelijk is gekozen voor productgegevens representatief voor West-Europa.
- IV. Compleetheid; De CO<sub>2</sub>-uitstoot gegevens in de database zijn zeer compleet in het aantal processen dat is meegenomen.
- V. Precisie; De CO<sub>2</sub>-uitstoot gegevens in de database zijn gebaseerd op literatuur met veelal een zeer lage onzekerheid.

