

Kwantitatieve LCA berekening van renovatie scenario's

gedetailleerde LCA van meer uitgewerkte ontwerpscenario's

Seppe Van den Broeck, Matthias Buyle, Amaryllis Audenaert

18 december 2024



Interreg
Vlaanderen-Nederland



Gefinancierd door
de Europese Unie

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Scenario analyse	4
2.1	Ingerepen	4
2.1.1	Levenscycluseffecten beoordeling (LCIA)	6
2.2	Renovatie scenario's	8
2.2.1	Goal & scope	8
2.2.2	Levenscycluseffecten beoordeling (LCIA)	10
2.2.3	Conclusie	14
3	Algemene conclusie	16

1 Inleiding

Om de en milieu-impact over de levensduur van verschillende strategieën ten opzichte van de referentiescenario kwantitatief te evalueren, is er een objectief en wetenschappelijk onderbouwde aanpak nodig. Binnen dit onderzoek wordt een levenscyclusanalyse (LCA) uitgewerkt binnen het Social Holistic Retrofit (SHR) project. Een LCA kan gedefinieerd worden als “*een verzameling en beoordeling van de input en output en de totale [milieu]impact van een productsysteem op zijn omgeving doorheen zijn volledige levenscyclus*” [1]. Cruciaal hierbij is dat een dergelijk systeem wordt beschreven op basis van een te leveren functie en niet zozeer door een (fysieke) eindproduct. Hierdoor kunnen zowel intrinsiek verschillen de producten als diensten met elkaar vergeleken worden, zolang ze maar dezelfde functie vervullen. Met andere woorden, LCA is een analytische methode om het milieuprofiel van producten en diensten te kwantificeren, vanaf de ontginning van grondstoffen tot en met de uiteindelijke afvalverwerking, recyclage en/of hergebruik.

Specifiek wordt er binnen SHR getracht om een antwoord te formuleren op de vraag: ‘*Wat is het meest efficiënte renovatiepad richting 2050, weg van fossiele brandstof en dit vanuit een sociaal-, economisch perspectief en milieuperspectief?*’. Op het vlak van het reduceren van de milieu-impact, de focus van WP6, en bij uitbreiding onze klimaatdoelstellingen te halen staat het vast dat we massaal afscheid moeten nemen van fossiele brandstof, ook voor het verwarmen van onze woningen. Enkel dit zal leiden tot het beoogde reduceren van onze CO₂-voetafdruk. Daarnaast moet er ook sterk worden ingezet op materiaal-efficiëntie, waarbij circulair bouwen een centrale rol speelt. De vraag rijst, wat is nu de impact van een diepgaande renovatie? Wat zijn de netto baten vanuit een levenscyclusperspectief? Heeft de meerkost aan materialen om het verlagen van energie verbruik altijd voordelen voor het milieu? Of is er een kantelpunt waar de bijkomende milieu impact van materialen niet opweegt tegen de verlaging in energie gebonden impacten.

2 Scenario analyse

Om de woning van Alwel te Rozendaal milieuvriendelijk te renoveren, is er een scenario-analyse gebeurd. Deze analyse bestaat uit het ontwerpen van verschillende renovatiescenario's en deze alomvattend te evalueren op vlak van impact op milieu en mens over de hele levenscyclus. Eerst zijn er verschillende ingrepen afzonderlijk gevalueerd waar achteraf verschillende scenario's van opgesteld zijn.

Voor de analyse in de woonwijk van Alwel in Rozendaal is woning met type D het onderzoeksobject (Tabel 1 en 2). Van woning type D zijn er 2 sub types, de midden woningen en eind woningen. Voor de LCA berekeningen worden de beide woningen behandeld.

gebouwdeel	oppervlakte [m ²]
gevel woning	36.35
ramen en deuren woning	17.8
hellend dak	53.63
plat dak	2.76
vloer woning	50,43

Tabel 1: overzicht afmetingen schildelen tussen-woning type D (Alwel)

gebouwdeel	oppervlakte [m ²]
gevel woning	93.77
ramen en deuren woning	18.6
hellend dak	53.63
plat dak	2.76
vloer woning	50,43

Tabel 2: overzicht afmetingen schildelen hoek-woning type D (Alwel)

2.1 Ingrepen

Voor de woning van Alwel is de fase van het optimaliseren van de gebouwschil niet uitgevoerd. De partners gaven de voorkeur aan het analyseren van de impact van individuele ingrepen op de woning. Omdat het hier vaak om ingrepen met verschillende functies gaat, kunnen deze niet één op één met elkaar worden vergeleken.

Elke ingreep is enkele wijziging die bij de woning gebeurt. Er wordt gekeken naar welke impact deze ingreep heeft op het milieu. Met deze informatie is Alwel aan de slag gegaan om de uiteindelijke renovatie scenario's op te stellen.

geanalyseerd ingrepen:

gebouw onderdeel	code	ingreep
Vloer	1a	Kruipruimte isoleren minimum Bbl Rc 2.4 - Min. wol
	1b	Kruipruimte isoleren minimum Bbl Rc 2.4 - EPS
	1c	Kruipruimte isoleren minimum Bbl Rc 2.4 - Biobased
	2a	Kruipruimte isoleren Bbl Rc 3.7 - Min. wol
	2b	Kruipruimte isoleren Bbl Rc 3.7 - EPS
	2c	Kruipruimte isoleren Bbl Rc 3.7 - Biobased
	3a	Kruipruimte isoleren NL Rc 4 - Min. wol
	3b	Kruipruimte isoleren NL Rc 4 - EPS
	3b	Kruipruimte isoleren NL Rc 4 - Biobased
	4a	Geïsoleerde kantplank perimeter Rc 4 - Min. wol
	4a	Geïsoleerde kantplank perimeter Rc 4 - EPS
	4a	Geïsoleerde kantplank perimeter Rc 4 - Biobased

	5a	Kruipruimte isoleren Rc 6.5 - Min. wol
	5b	Kruipruimte isoleren Rc 6.5 - EPS
	5c	Kruipruimte isoleren Rc 6.5 - Biobased
Gevel	6a	Spouwmuur vullen Rc 1.4 - Min. wol
	6b	Spouwmuur vullen Rc 1.4 - EPS
	6c	Spouwmuur vullen Rc 1.4 - Biobased
	7a	Binnengevel isolatie Rc 1.4 - Min. wol
	7b	Binnengevel isolatie Rc 1.4 - EPS
	7c	Binnengevel isolatie Rc 1.4 - Biobased
	8a	Binnengevel isolatie Rc 4.7 - Min. wol
	8b	Binnengevel isolatie Rc 4.7 - EPS
	8c	Binnengevel isolatie Rc 4.7 - Biobased
	9a	Buitengevel isolatie Rc 4.7 - Min. wol
	9b	Buitengevel isolatie Rc 4.7 - EPS
	9c	Buitengevel isolatie Rc 4.7 - Biobased
	10a	Binnengevel isolatie Rc 6.5 - Min. wol
	10b	Binnengevel isolatie Rc 6.5 - EPS
	10c	Binnengevel isolatie Rc 6.5 - Biobased
	11a	Buitengevel isolatie Rc 6.5 - Min. wol
	11b	Buitengevel isolatie Rc 6.5 - EPS
	11c	Buitengevel isolatie Rc 6.5 - Biobased
Gevel openingen	12	Vervangen dubbelglas door HR++, behoud kozijnen
	13	Vervangen beglazing en kozijnen door HR++
	14	Vervangen beglazing en kozijnen door HR+++
	15	Zonwerende folie bestaande HR++ glas
	16	Vervangen dubbelglas door ZHR++, behoud kozijnen
	17	Vervangen beglazing en kozijnen door ZHR++
	18	Vervangen beglazing en kozijnen door ZHR+++
	19	Vervangen beglazing en kozijnen door max. HR+++
	20	Toepassen externe zonwering (luik/screen)
	21	Toepassen externe zonwering (Uitvalschermer)
	22	Toepassen interne zonwering (screen)
Dak	23a	Isoleren schuindak aan de binnenzijde met Rc 2.1 - Min. wol
	23b	Isoleren schuindak aan de binnenzijde met Rc 2.1 - EPS
	23c	Isoleren schuindak aan de binnenzijde met Rc 2.1 - Biobased
	24a	Isoleren schuindak aan de binnenzijde met Rc 5.5 - Min. wol
	24b	Isoleren schuindak aan de binnenzijde met Rc 5.5 - EPS
	24c	Isoleren schuindak aan de binnenzijde met Rc 5.5 - Biobased
	25a	Isoleren schuindak aan de buitenzijde met Rc 2.1 - Min. wol
	25b	Isoleren schuindak aan de buitenzijde met Rc 2.1 - EPS
	25c	Isoleren schuindak aan de buitenzijde met Rc 2.1 - Biobased
	26a	Isoleren schuindak aan de buitenzijde met Rc 6.3 - Min. wol
	26b	Isoleren schuindak aan de buitenzijde met Rc 6.3 - EPS
	26c	Isoleren schuindak aan de buitenzijde met Rc 6.3 - Biobased
	27a	Isoleren schuindak aan de buitenzijde met Rc 8 - Min wol
	27b	Isoleren schuindak aan de buitenzijde met Rc 8 - EPS
	27c	Isoleren schuindak aan de buitenzijde met Rc 8 - Biobased
	28a	Na isolatie plat dak aan de binnenzijde met Rc 2.1 - Min. wol
	28b	Na isolatie plat dak aan de binnenzijde met Rc 2.1 - EPS
	28c	Na isolatie plat dak aan de binnenzijde met Rc 2.1 - Biobased
	29a	Na isolatie plat dak aan de binnenzijde met Rc 4 - Min. wol
	29b	Na isolatie plat dak aan de binnenzijde met Rc 4 - EPS
	29c	Na isolatie plat dak aan de binnenzijde met Rc 4 - Biobased
	30a	Na isolatie plat dak aan de buitenzijde met Rc 2.1 - Min. wol
	30b	Na isolatie plat dak aan de buitenzijde met Rc 2.1 - EPS
	30c	Na isolatie plat dak aan de buitenzijde met Rc 2.1 - Biobased

	31a	Na isolatie plat dak aan de buitenzijde met Rc 6.3 - Min. wol
	31b	Na isolatie plat dak aan de buitenzijde met Rc 6.3 - EPS
	31c	Na isolatie plat dak aan de buitenzijde met Rc 6.3 - Biobased
	32a	Na isolatie plat dak aan de buitenzijde met Rc 8 - Min. wol
	32b	Na isolatie plat dak aan de buitenzijde met Rc 8 - EPS
	32c	Na isolatie plat dak aan de buitenzijde met Rc 8 - Biobased
Dakopeningen	33	Vervangen dubbelglas door HR++, behoud kozijnen
	34	Nieuw dakraam met HR++ glas
	35	Nieuw dakraam met ZHR++ glas
	36	Nieuw dakraam met HR++ glas met externe zonwering

Tabel 3: Bouwkundige ingrepen

techniek onderdeel	code	ingreep
Luchtverversing (effect op netto warmtevraag)	1	CO ₂ gestuurde afvoerventilatie (systeem C)
	2	Decentrale balansventilatie met WTW (alle ruimten)
	3	Decentrale balansventilatie met WTW (alleen BG)
	4	Centrale balansventilatie met WTW
Overige installaties (geen effect op netto warmtevraag)	5	PV panelen (6, 12 of 18 stks)
	6	Zonneboiler (120L)
	7	Radiatorventilatoren op de bestaande radiatoren
	9	Vervanging bestaande radiatoren door LT radiatoren
	10	Boiler buffervat van circa 200-300 L
Individuele energie opwekking	11	Hybride systeem: gasketel+warmtepomp
	12	Lucht-water warmtepomp
	13	PVT warmtepomp (thermische zonne-energie)
	14	Bodem-water warmtepomp (gesloten systeem)

Tabel 4: Technische ingrepen

2.1.1 Levenscycluseffecten beoordeling (LCIA)

De resultaten hieronder kunnen niet onderling vergeleken worden, dit door een afwijkende functionele eenheid per component. Wel is het zo dat dit een belangrijke stap is in het ontwerpen van de verschillende renovatie scenario's. De inventarisatie gebruikt voor deze ingrepen kan hergebruikt worden voor de analyse op gebouw niveau.

gebouw onderdeel	GWP	PMFP	HTPc	HTPnc
b1a	112757	13,85	298,3	91901
b1b	112935	13,49	296,8	9273
b1c	113132	14,16	301,2	6974
b2a	111718	14,01	299,3	9193
b2b	111992	13,45	297,0	9321
b2c	112296	14,48	303,8	5776
b3a	111541	14,06	299,8	9203
b3b	111838	13,46	297,3	9340
b3c	112166	14,57	304,7	5509
b4a	116377	13,77	300,5	9310
b4b	116383	13,76	300,5	9313
b4c	116389	13,78	300,6	9237

b5a	110687	14,50	305,0	9308
b5b	111202	13,57	303,3	9617
b5c	111736	15,38	315,3	3390
b6a	116193	13,91	317,1	9383
b6b	116261	13,80	302,2	9396
b6c	116342	14,08	304,0	8429
b7a	116376	11,25	357,8	9410
b7b	116455	11,10	357,5	9456
b7c	116538	11,38	359,3	8489
b8a	110631	11,10	350,7	9142
b8b	110883	10,59	348,6	9259
b8c	111161	11,53	354,8	6014
b9a	111622	14,87	390,6	9937
b9b	111185	13,84	354,3	9438
b9c	112152	15,30	394,7	6809
b10a	109972	11,30	352,8	9179
b10b	110320	10,60	349,9	9340
b10c	110705	11,91	358,5	4852
b11a	110963	15,07	392,7	9974
b11b	111370	14,25	317,7	9756
b11c	111695	15,67	398,4	5647
b12	103299	12,93	316,0	8590
b13	100059	12,70	315,6	9284
b14	98249	12,35	303,5	8204
b15	128658	15,17	330,1	10221
b16	112214	13,97	337,7	9256
b17	108842	13,72	337,2	9953
b18	107133	13,59	325,1	9742
b19	97722	12,49	302,1	9034
b20	117010	13,83	301,9	9354
b21	117010	13,83	301,9	9354
b22	117010	13,83	301,9	9354
b23a	107915	8,98	289,8	8801
b23b	108081	8,65	288,4	8877
b23c	108264	9,27	292,6	6738
b24a	102816	9,18	287,6	8656
b24b	103250	8,30	284,0	8857
b24c	103730	9,93	294,7	3255
b25a	109131	14,77	301,8	9563
b25b	109297	14,44	300,4	9640
b25c	109480	15,06	304,5	7501
b26a	103664	15,11	301,4	9454
b26b	104161	14,10	297,2	9684
b26c	104711	15,97	309,5	3266
b27a	103175	15,44	305,3	9535
b27b	103806	14,17	300,0	9828
b27c	104504	16,54	315,6	1678
b28a	116749	13,60	301,6	9335
b28b	116758	13,58	301,5	9339
b28c	116767	13,61	301,7	9229
b29a	116531	13,60	301,4	9328
b29b	116534	13,78	301,1	9335
b29c	116565	13,63	301,7	9126
b30a	116778	13,89	302,4	9367

b30b	116759	13,82	301,5	9352
b31a	116534	14,03	304,1	9402
b31b	116476	13,80	301,5	9357
b32a	116525	14,09	304,9	9422
b32b	116452	13,80	301,6	9364
b33	116828	13,85	304,7	9352
b34	116577	13,83	304,2	9336
b35	117569	13,95	306,8	9467
b36	116586	13,84	304,8	9406

Tabel 5: Resultaten bouwkundige ingrepen

techniek onderdeel	GWP	PMFP	HTPc	HTPnc
i1	116896	14,52	341,1	10958
i2	110800	17,19	1679	18520
i3	105925	14,44	672,4	12697
i4	113644	17,24	1423	17844
i5a	118246	7,40	604,7	15208
i5b	118384	0,54	798,1	17830
i5c	118614	-1,66	880,8	19245
i6	109699	14,21	887,2	11332
i7	117167	14,09	316,4	9873
i9	114452	13,52	295,4	9154
i10	127893	15,30	1170	10339
i11	46397	16,20	1781	64020
i12	17807	23,94	1955	60195
i13	20092	28,40	2086	62994
i14	20935	29,56	2148	65207

Tabel 6: Resultaten technische ingrepen

2.2 Renovatie scenario's

Uit de berekende ingrepen uit voorgaande sectie zijn 4 gebouwschil opbouwen + ventilatie systeem opgesteld door partners van Alwel, die elks gecombineerd zullen worden met 5 technische scenario's. Het gaat hier over installaties voor verwarming en elektrische voorziening. Omwille van verschil in energieverbruik tussen de 5 technische scenario's, dit door technische verschillen maar ook in welke gebouwschil deze van toepassing zijn, wordt de vergelijking tussen de verschillende technieken op gebouw niveau gedaan..

2.2.1 Goal & scope

Functionele eenheid:

E:[NE70] Het bewonen van een woonunit met opmaak zoals **woningtype D** over een periode van 40 jaar, waarbij er de bijkomende eis is van een maximum **netto energievraag van 70 kW/m²**, verder worden aan minimale wettelijke eisen voldaan m.b.t. hygiënische ventilatie, akoestiek, brandveiligheid.

E:[NE50] Het bewonen van een woonunit met opmaak zoals **woningtype D** over een periode van 40 jaar, waarbij er de bijkomende eis is van een maximum **netto energievraag van 50 kW/m²**, verder worden aan minimale wettelijke eisen voldaan m.b.t. hygiënische ventilatie, akoestiek, brandveiligheid.

E:[NE30] Het bewonen van een woonunit met opmaak zoals **woningtype D** over een periode van 40 jaar, waarbij er de bijkomende eis is van een maximum **netto energievraag van 30 kW/m²**, verder worden aan minimale wettelijke eisen voldaan m.b.t. hygiënische ventilatie, akoestiek, brandveiligheid.

E:[NE30] Het bewonen van een woonunit met opmaak zoals **woningtype D** over een periode van 40 jaar, waarbij er de bijkomende eis is om minimaal te **voldoen aan de EPV eisen** die gelden in Nederland, verder worden aan minimale wettelijke eisen voldaan m.b.t. hygiënische ventilatie, akoestiek, brandveiligheid.

geanalyseerd scenario's:

De scenario's zijn opgebouwd uit 4 verschillende gebouwschillen elks met hun eigen isolatie niveau (Tabel 7). Deze gebouwschillen zijn gecombineerd met 5 verschillende techniek installatie concepten om tot 20 renovatie scenario's te komen. Bij deze renovatie scenario's speelt energie wel een belangrijke rol, aangezien elke opwekkingstechniek een andere efficiëntie heeft. Vier renovatie scenario's zijn gas loos en maken gebruik van een warmtepomp voor thermische voorziening 1 is een hybride opstelling van warmte pomp en gasketel. De systeem ontwerpen (Tabel 8) en bijhorend energie simulaties (Tabel 10 en 9) zijn uitgevoerd door partners van Alwel. Op het einde van het leven wordt de afwerking verwerkt volgens de scenario's beschreven in *Defenitie en afbakening LCA SHR¹*.

gebouwdeel	NE70	NE50	NE30	EPV
vloer	Rc 2,4 kruip-ruimte min wol	Rc 2,4 kruip-ruimte min wol	Rc 2,4 kruip-ruimte min wol	Rc 3,7 kruip-ruimte MW/EPS
buitenmuur	Rc 1.4 (spouwmuur) min wol	Rc 4,7 buitengevel EPS	Rc 4,7 buitengevel EPS	Rc 1.4 (spouwmuur) min wol
hellend dak	/	Schuin: Rc 5.5 binnenzijde EPS	Schuin: Rc 5.5 binnenzijde EPS	Schuin: Rc 6,3 buitenzijde min wol
plat dak	/	Plat: Rc 6.3 buitenzijde EPS	Plat: Rc 6.3 buitenzijde EPS	Plat: Rc 6.3 buitenzijde EPS
schrijnwerk gevel	Vervangen van beglazing HR++ en het behouden van bestaande kozijnen. Nieuwe Uw waarde 1.8 (Ug 1.1), g 0.6	Vervangen van beglazing HR++ en het behouden van bestaande kozijnen. Nieuwe Uw waarde 1.8 (Ug 1.1), g 0.6	Vervangen van beglazing HR+++ en het behouden van bestaande kozijnen. Nieuwe Uw waarde 1.2 (Ug 0.9), g 0.6	Behoud kozijnen, vervangen glas (Uw 1,8)
schrijnwerk dak	Vervangen van beglazing HR++ en het behouden van bestaande kozijnen. Nieuwe Uw waarde 1.8 (Ug 1.1), g 0.6	Vervangen van beglazing HR++ en het behouden van bestaande kozijnen. Nieuwe Uw waarde 1.8 (Ug 1.1), g 0.6	Vervangen van beglazing HR++ en het behouden van bestaande kozijnen. Nieuwe Uw waarde 1.4 (Ug 1.1), g 0.6	Behoud kozijnen vervangen glas Uw 1,8
ventilatie systeem	CO2 afvoer ventilatie	Dec WTW (alleen BG) en CO2 afvoer	Dec WTW overal	Dec WTW (alleen BG) en CO2 afvoer

Tabel 7: Gebouwschil scenario's alwel

¹Door het ontbreken van primaire en secundaire data over het eindeleven van zonnepaneel installaties is enkel rekening gehouden met productie- en gebruiksfase

techniek	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
thermisch	hybride WP	lucht-water WP	lucht-water WP	PVT WP	geothermische WP
bijkomend warm water	/	/	zonneboiler	PVT	/
elektrisch	PV 6x200w	PV 12x200w	PV 12x200w	PV 8x200w + 9m ² PVT	PV 12x200w

Tabel 8: techniek scenario's Alwel

Totaal elektriciteit	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
NE70	1989	3125	3348	4368	2614
NE50	1216	2396	2528	3456	2137
NE30	900	2039	2261	3184	1871
EPV	1321	2501	2633	3568	2211
PV opwekking	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
NE70	1735	3469	3469	3862	3469
NE50	1735	3469	3469	3862	3469
NE30	1735	3469	3469	3862	3469
EPV	1735	3469	3469	3862	3469
gas verbruik	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
NE70	255	0	0	0	0
NE50	255	0	0	0	0
NE30	255	0	0	0	0
EPV	255	0	0	0	0

Tabel 9: Gebouw gebonden elektriciteitsverbruik in kWh/jaar en gas verbruik in m³/jaar voor een tussen woning

Totaal elektriciteit	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
NE70	2603	3800	4024	5073	3089
NE50	1444	2624	2756	3699	2297
NE30	1248	2429	2651	3539	2161
EPV	1760	2940	3073	4036	2520
PV opwekking	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
NE70	1735	3469	3469	3862	3469
NE50	1735	3469	3469	3862	3469
NE30	1735	3469	3469	3862	3469
EPV	1735	3469	3469	3862	3469
gas verbruik	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
NE70	275	0	0	0	0
NE50	255	0	0	0	0
NE30	255	0	0	0	0
EPV	255	0	0	0	0

Tabel 10: Gebouw gebonden elektriciteitsverbruik in kWh/jaar en gas verbruik in m³/jaar voor een hoek woning

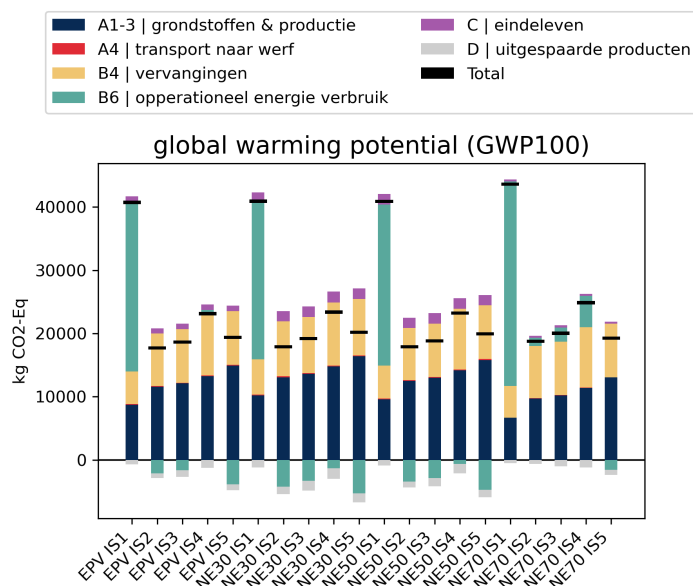
2.2.2 Levenscycluseffecten beoordeling (LCIA)

Omdat het de bedoeling is om het meest duurzame renovatie scenario te bekomen zullen alle 20 scenario's met elkaar vergeleken worden ongeacht de isolatie graad van de woning. De verschillende scenario's worden vergeleken op totaal impact over de hele levenscyclus waarna de de betere scenario's

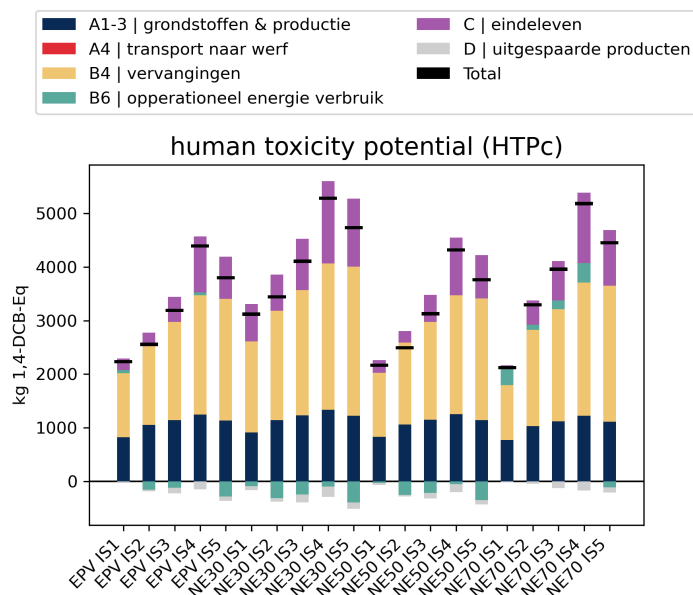
onder de loep worden genomen om op component niveau naar de hotspot te kijken.

Voor de analyse op gebouw niveau is de evaluatie ook gebeurd doormiddel van vier impact categorieën, namelijk: Global Warming Potential, Particulate Matter Formation Potential, Human Toxicity Potential non-carcinogenic en Human Toxicity Potential carcinogenic.

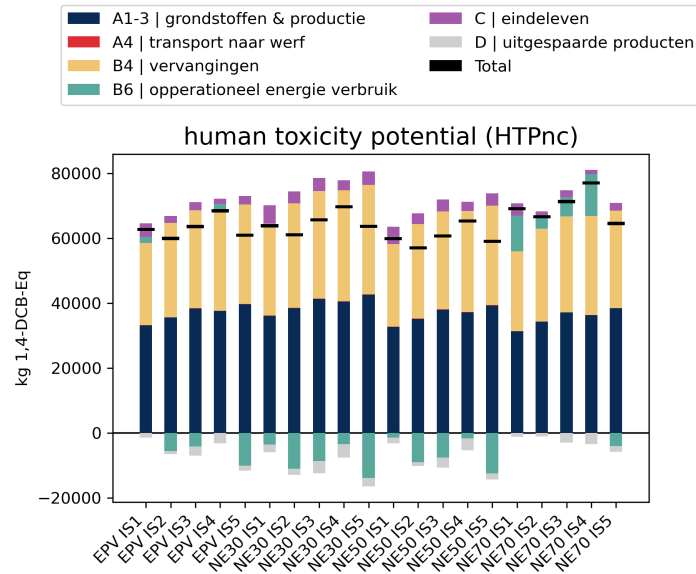
Volgende grafieken en analyse gaat over de hoekwoning. De resultaten van de tussenwoning volgen de zelfde trend en conclusies.



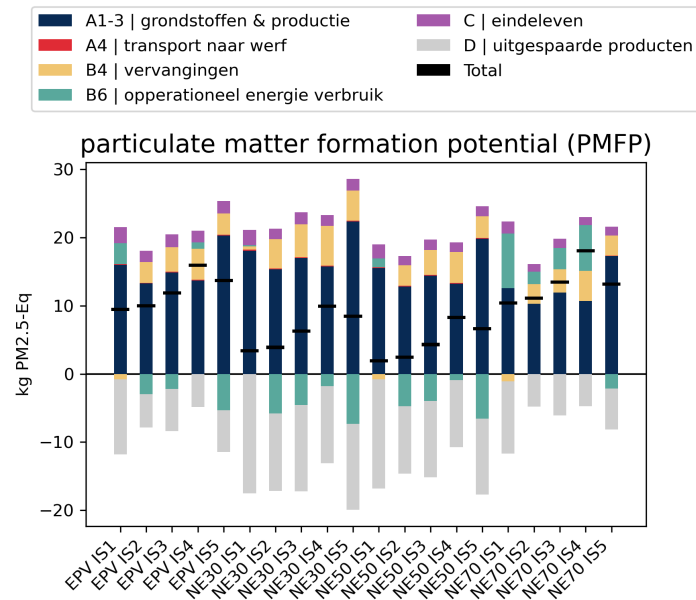
Figuur 1: Global warming potential (GWP) (broeikassgassen) van het renoveren van een woning, waarvan de gebouwschil gerenoveerd wordt (tabel 7). En gecombineerd met de techniek pakketten uit tabel 8.



Figuur 2: human toxicity potential, carcinogenic (HTPc) (toxiciteit voor de mens, kankerverwekkend) van het renoveren van een woning, waarvan de gebouwschil gerenoveerd wordt (tabel 7). En gecombineerd met de techniek pakketten uit tabel 8.



Figuur 3: human toxicity potential, non-carcinogenic (HTPnc) (toxiciteit voor de mens, niet kankerverwekkend) van het renoveren van een woning, waarvan de gebouwschil gerenoveerd wordt (tabel 7). En gecombineerd met de techniek pakketten uit tabel 8.



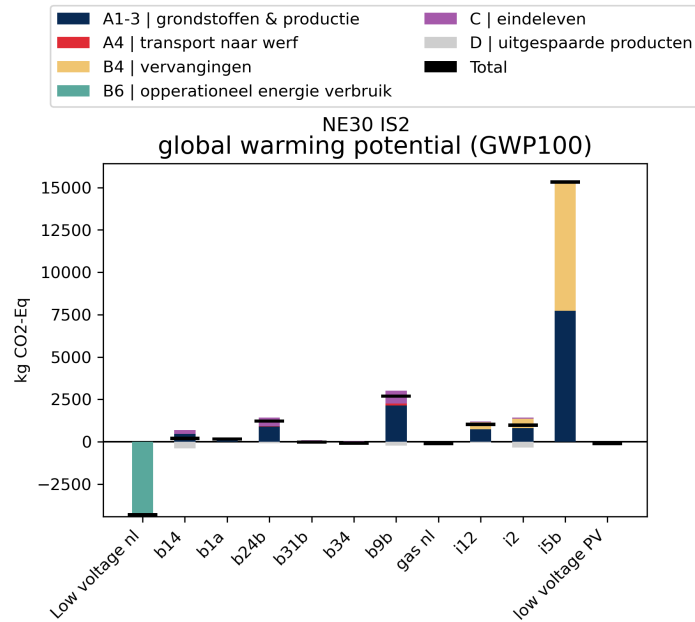
Figuur 4: Particulate matter formation potential (PMFP) (fijnstof) van het renoveren van een woning, waarvan de gebouwschil gerenoveerd wordt (tabel 7). En gecombineerd met de techniek pakketten uit tabel 8.

GWP	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
NE70	43850	19001	20282	25118	19485
NE50	41147	18151	19059	23466	20191
NE30	41161	18168	19441	23625	20448
EPV	40971	17974	18886	23374	19638
HTPc	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
NE70	2153	3325	3988	5211	4481
NE50	2196	2520	3156	4347	3791
NE30	3149	3474	4136	5311	4762
EPV	2262	2586	3222	4419	3829
HTPnc	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
NE70	69537	67103	71743	77515	64997
NE50	60302	57494	61158	65800	59474
NE30	64276	61480	66098	70157	64087
EPV	63175	60368	64039	68896	61358
PMFP	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
NE70	10,64	11,32	13,70	18,27	13,39
NE50	2,158	2,674	4,539	8,519	6,890
NE30	3,618	4,139	6,507	10,18	8,684
EPV	9,71	10,23	12,10	16,19	13,92

Tabel 11: impact van elk renovatie scenario voor de hoekwoning per impact categorie
 eenheden: GWP [kg CO₂-Eq], HTPc [kg 1,4-DCB-Eq], HTPnc [kg 1,4-DCB-Eq], PMFP [kg
 PM2.5-Eq]

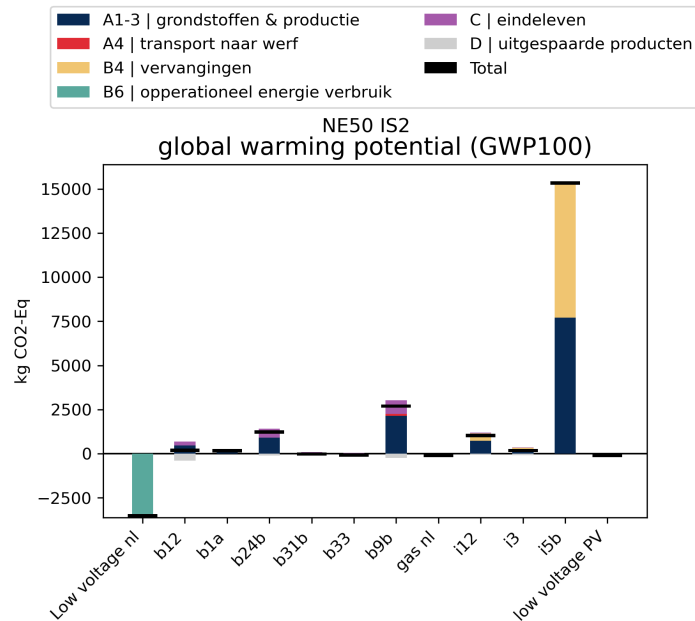
De resultaten van de studie over een periode van 40 jaar tonen een algemene trend die correleert aan het gekozen techniek scenario (Tabel 11). Techniek scenario *IS3* en *IS4* hebben algemeen gezien de hoogste milieu-impact doorheen drie van de vier besproken milieu impact categorieën. *IS1* heeft de hoogste broeikas gas uitstoot, afkomstige van de gasverbranding in de gasketel van het hybride warmte pomp systeem (Figuur 1).

Wel is op te merken naarmate de de netto energie vraag daalt (70, EPV, 50, 30) per techniek pakket de milieu impact ook daalt, tot aan NE30 waar de milieu impact opnieuw toeneemt. Dit is onder anderen te wijten aan de gekozen ventilatie techniek die nodig is om het energie peil te halen (Figuur 5)



Figuur 5: contributie-analyse Global warming potential (GWP) (broeikasgassen) van de woning met netto energie vraag van 30Kwh/m² gecombineerd met de techniek pakket 2 uit tabel 8.

Het scenario dat algemeen gezien de laagste milieu impact heeft is *NE50 IS2*. Hierbij heeft de zonnepaneel installatie de grootste uitstoot, maar produceert ook stroom impactloos. Geproduceerde energie substitueert energie van het Nederlands elektriciteitsnet, wat een uitgespaarde (negatieve) impact vertoont (Figuur 6).



Figuur 6: contributie-analyse Global warming potential (GWP) (broeikasgassen) van de woning met netto energie vraag van 50Kwh/m² gecombineerd met de techniek pakket 2 uit tabel 8.

2.2.3 Conclusie

De resultaten tonen aan dat het kiezen van een juist techniek pakket een grote invloed heeft op de totale milieu impact. Het energie verbruik kan als goed indicator gebruikt worden om de juiste keuze

van de energie installatie te maken. Zo is duidelijk te zien dat een volledig gas-loze installatie de beste keuze is voor een milieu vriendelijke renovatie. Nieuwe technieken zoals PVT panelen tonen in eerste instantie geen winst op vlak van milieu impact. Een diepgaandere analyse is nodig om hun relevantie te onderzoeken.

De woningen beter isoleren zorgt tot een bepaald punt ook voor een daling in milieu impact. Door verder te isoleren stijgt de milieu impact opnieuw. Dit is het punt waar bijkomende technieken niet opwegen tegen de bespaarde energie

Het produceren van elektriciteit via zonnepanelen zorgt voor uitgespaarde impact van energie uit het elektriciteitsnet. De geproduceerde zonnenergie is impactloos, wel heeft de installatie zelf een grote milieu impact. Door een levensduur van 25 tot 30 jaar van de zonnepaneel installatie zal deze éénmalig vervangen moeten worden. Indien dat de installatie toch een levensduur van 40 jaar zou halen, zonder al te groot efficiëntie verlies, kan de milieu impact voor energie opwekking aanzienlijk verminderen.

3 Algemene conclusie

Het analyseren van diverse renovatiescenario's vanuit een duurzaamheidsperspectief biedt een diepgaand inzicht in de technieken die bijdragen aan het realiseren van milieubewuste concepten. Door in eerste instantie de optimalisatie van kleinere gebouwelementen te prioriteren, kan de lijst van technische oplossingen – elk met een specifieke functie – worden teruggebracht tot de meest relevante opties. Deze geoptimaliseerde gebouwelementen kunnen vervolgens worden ingezet voor het opstellen van renovatiescenario's. Dit proces maakt het mogelijk om op efficiënte wijze verschillende scenario's te ontwikkelen.

De resultaten van deze studie tonen aan dat de transitie van een gasketel naar een warmtepomp een substantiële bijdrage levert aan het behalen van de klimaatdoelstellingen. Het is echter essentieel dat deze installaties zorgvuldig worden geoptimaliseerd met betrekking tot energieverbruik.

Daarnaast blijkt dat het verbeteren van de isolatie van een woning eveneens een significante reductie van de milieubelasting kan realiseren. Hierbij is het echter van belang over-isolatie te vermijden, evenals overinvesteringen in technieken die het E-peil van een woning verder verlagen. De bijkomende energiewinsten wegen in sommige gevallen niet op tegen de milieu-impact van de benodigde materialen.

Zonnepaneelinstallaties hebben daarentegen een aanzienlijke milieubelasting tijdens de productiefase en een onzekere eindelevensfase. De elektriciteit die door deze installaties wordt opgewekt, vormt echter een duurzame substitutie voor stroom uit het elektriciteitsnet. Door de levensduur van zonnepanelen te verlengen of door efficiënte recyclingprocessen te ontwikkelen aan het einde van hun levensduur, kan de milieu-impact van zonne-energie verder worden gereduceerd.

Referenties

- [1] *ISO 14040 - Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*. Standard. Geneva, CH: International Organization for Standardization, 2006.