

Experiment Energiesprong Gebouwde Omgeving

Voorbeeldenboek Kleinschalige Binnenstedelijke Gebieden



Tekst: ECN en TNO
Opdracht: Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting
programma Energiesprong 2010

Energie GEBOUWDE OMGEVING
Sprong SEV

Inhoudsopgave

1.	Inleiding.....	4
2.	De voorbeeldwijken: stedenbouwkundige invulling voor en na de Energiesprong.....	6
2.1	De keuze van de voorbeeldwijken	6
2.2	Centrumstedelijke wijk.....	8
2.3	Wederopbouwwijk (Naoorlogse wijk)	9
2.4	'Bloemkool' wijken (1970-1990).....	10
2.5	De voorbeeldwijken: Wat zijn de ingrepen?	11
3.	Maatregelen.....	14
3.1	"Trias Energetica".....	14
3.2	Maatregelen in de Energiesprong.....	15
3.2.1	Gebouwsgebonden maatregelen.....	16
3.2.2	Gebruiksgebonden maatregelen	18
3.2.3	Maatregelen op gebiedsniveau	19
4.	Centrumstedelijke wijk	21
4.1	Wijksamenstelling en ingrepen.....	21
4.2	Maatregelen op gebouwniveau	21
4.2.1	Grondgebonden woningen uit 1930.....	21
4.2.2	Flatwoningen uit 1990	26
4.2.3	Torens nieuwbouw.....	28
4.2.4	Kantoren 1960.....	34
4.2.5	Kantoren nieuwbouw	38
4.2.6	Detailhandel (winkel) 1980	41
4.2.7	Detailhandel (winkel) nieuwbouw	42
4.3	Maatregelenpakket voor 45% reductie op wijkniveau.	44
4.4	Doorkijk voor 60% en 80% reductie.	45
5.	Wederopbouwwijk	47
5.1	Wijksamenstelling en ingrepen.....	47
5.2	Maatregelen op gebouwniveau	48
5.2.1	Flats 1950 onderhoud en portiekwoningen 1950 renovatie.....	48
5.2.2	Grondgebonden woningen nieuwbouw.....	48
5.2.3	Kantoren 1960.....	50
5.2.4	Kantoren nieuwbouw	50
5.2.5	Scholen 1950 renovatie	50
5.2.6	Supermarkt 1980.....	52
5.3	Maatregelenpakket voor 45% reductie op wijkniveau.	53
5.4	Doorkijk voor 60% en 80% reductie.	54
6.	Bloemkoolwijk.....	56
6.1	Wijksamenstelling en ingrepen.....	56
6.2	Maatregelen op gebouwniveau	56
6.2.1	Grondgebonden woningen 1970 groot onderhoud	56
6.2.2	Scholen 1970.....	57
6.2.3	Detailhandel (winkel) nieuwbouw	58
6.2.4	Supermarkt 1970.....	58
6.3	Maatregelenpakket voor 45% reductie.....	58
6.4	Doorkijk voor 60% en 80% reductie.	59
7.	Slotopmerkingen	60
8.	Literatuur.....	63

Bijlage 1: Equivalent opwekkingsrendement WKK

Bijlage 2: Berekeningen op gebiedsniveau op basis van EMG

Bijlage 3: Maatregelen, innovaties en ideeën t.a.v. bouwtechniekconcepten

1. Inleiding

Achtergrond

De SEV (Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting) voert in opdracht van VROM/WWI het programma Experiment Energiesprong Gebouwde Omgeving uit.

Met dit programma moet de SEV de aanpak van energiebesparing in de gebouwde omgeving in een hogere versnelling zetten. Vooral in bestaand bebouwd gebied is het lastig om op grote schaal een energiesprong te maken. En toch is daar de grootste winst te halen: oude huizen, kantoren en winkels zijn energetisch vaak zo lek als een mandje, terwijl de eigenaren meestal niet de gelegenheid, de kennis, het geld of de motivatie hebben om er iets aan te doen. Losse initiatieven kunnen helpen, maar zijn uiteindelijk niet genoeg om een echte energiesprong te maken.

De ervaring leert, dat er meer mogelijk is als alle betrokken partijen samenwerken: eindgebruikers, bewonersorganisaties, verenigingen van eigenaren, marktpartijen, gemeentelijke overheden, woningcorporaties en particuliere gebouweigenaren.

Een aantal van dergelijke consortia is al van start gegaan met ambitieuze doelstellingen op gebouwniveau. Het is echter belangrijk om ook op gebiedsniveau te werk te gaan. Door een grotere schaal kunnen producten goedkoper worden ingekocht en technische maatregelen goedkoper worden uitgevoerd. Met een integrale benadering kan er meer samenhang in de aanpak ontstaan. Dit kan op zichzelf al tot een hogere energie-efficiëntie leiden. Het biedt bovendien meer en andere kansen voor gebruik van duurzame bronnen.

Tot nog toe is er in bestaand bebouwd gebied niet veel ervaring met deze grootschalige, samenhangende aanpak. Dat is de reden voor de SEV om initiatiefnemers uit te dagen om met innovaties op de proppen te komen. Daarvoor is het Experiment Energiesprong Kleinschalige Binnenstedelijke Gebieden uitgezet.

Het Experiment moet laten zien hoe een grote stap in energiereductie gerealiseerd kan worden door maatregelen op gebouw- en wijkniveau te combineren. De kennis en ervaring die daaruit voortkomen zullen vanaf de start van het project, tijdens en daarna beschikbaar worden gesteld aan andere initiatiefnemers.

Het Experiment Energiesprong Kleinschalige Binnenstedelijke Gebieden biedt financiële ondersteuning voor publiek-private consortia, marktpartij(en), lokale overheid/overheden en eventueel anderen voor twee separate onderdelen:

- Het maken van een technische onderbouwing van een gebiedsaanpak die in lijn is met de voor de subsidieregeling geldende ambities;
- Het realiseren van de experimentlocatie zelf.

Ambities

De ambities van de SEV voor de Energiesprong Kleinschalige Binnenstedelijke Gebieden zijn duidelijk: Er dient een CO₂-reductie van minimaal 45 % op wijkniveau bereikt te worden, met een doorkijk naar 60 % en 80 % reductie. Hierbij dient iedere woning of elk gebouw individueel beneden een gesteld CO₂-plafond te blijven.

Bovendien wordt voor nieuwbouwwoningen een EPC=0,4 geëist (wettelijk moet vanaf 1 januari 2011 minimaal een EPC=0,6 worden gerealiseerd); voor andere nieuwe gebouwen een EPC-waarde conform de huidige regelgeving.

Aanpak

De SEV heeft TNO en ECN gevraagd een voorbeeldenboek samen te stellen

Dit ter inspiratie van de (potentiële) deelnemers aan het Experiment Energiesprong kleinschalige Binnenstedelijke Gebieden.(zie www.energiesprong.nl).

Voorbeelden kan men op allerlei manieren vorm geven. Belangrijk is dat ze in woord en beeld laten zien wat zoal mogelijk is, welke afwegingen meespelen, wat de effecten van ingrepen zijn en welke lessen bruikbaar zijn voor de toekomstige initiatieven binnen het Experiment.

In overleg met de SEV is gekozen voor het samenstellen van drie fictieve, voor Nederland representatieve voorbeeldwijken:

- wijk centrumstedelijk met hoge bouwdichtheid;
- wederopbouw wijk (naoorlogse wijk);
- ‘bloemkool’ wijk (bouw golf ’70-’90).

In deze wijken zijn ingrepen geprojecteerd op het gebied van renovatie, sloop en nieuwbouw waarbij ook inbreiding plaatsvindt, vooral in de wijk centrumstedelijk. Op gebouw en woningniveau zijn enerzijds bouwkundige en installatietechnische maatregelen genomen en anderzijds ook gebruiksgebonden maatregelen. Op gebiedsniveau zijn maatregelen genomen ten aanzien van de energie-infrastructuur. Hierbij zijn drie situaties onderscheiden:

- er is geen stadsverwarmingsnet en die komt er ook niet;
- er is en blijft een stadsverwarmingnet;
- er komt een nieuw stadsverwarmingsnet.

Dit voorbeeldenboek richt zich daarmee expliciet op de CO₂-reductie van binnenstedelijke gebieden en daarmee, naast de CO₂-reductie op woning- en gebouwniveau, op de aspecten energievoorziening, (locale) energieopwekking en energie-infrastructuur.

Voor het berekenen van de CO₂-reductie op woning/gebouwniveau is de EPN gebruikt, voor effecten op gebiedsniveau de in ontwikkeling zijnde EMG (Energieprestatie norm Maatregelen op Gebiedsniveau). Deze combinatie bepaalt de uiteindelijke CO₂-reductie voor deze binnenstedelijke gebieden.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de kenmerken van de drie voorbeeldwijken, de toestand van de bestaande woningen en gebouwen, de energie-infrastructuur en de energieopwekking binnen en buiten de wijk.

In hoofdstuk 3 wordt kort ingegaan op te nemen maatregelen.

In de hoofdstukken 4 t/m 6 worden achtereenvolgens per wijk de gekozen maatregelen en de effecten ervan op woning-, gebouw- en wijkniveau behandeld. Hierbij wordt de bereikte energiesprong zichtbaar gemaakt en gekwantificeerd.

Tot slot wordt in hoofdstuk 7 een aantal opmerkingen gemaakt m.b.t. de algemene aanpak, maatregelen op het gebied van de infrastructuur en maatregelen op woning- en gebouwniveau.

2. De voorbeeldwijken: stedenbouwkundige invulling voor en na de Energiesprong

2.1 De keuze van de voorbeeldwijken

In het hedendaagse krachtenveld van het stedelijk gebied voltrekken zich verschillende belangrijke veranderingen. De demografische, klimatologische en energetische druk loopt steeds verder op en brengt ook fundamentele veranderingen met zich mee [8]. Om inspiratie te bieden voor een aanpak die al deze veranderingen koppelt aan maatschappelijke en/of ruimtelijke opgaven en middelen zijn nog geen gerealiseerde voorbeelden beschikbaar waarmee de ambities zijn gerealiseerd. Daarom is ervoor gekozen om de maatregelen te projecteren in een “virtuele” voorbeeldsituatie, zodat de opgave goed vanuit een integraal oogpunt kan worden benaderd.

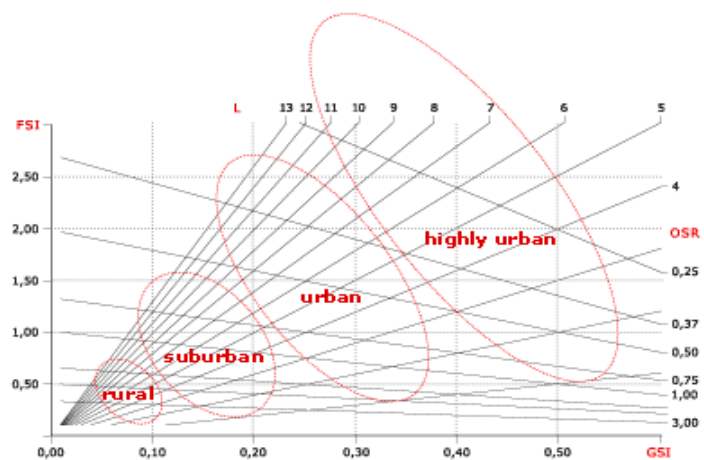
Om voorbeelden uit de opgaven te kiezen die ook representatief zijn voor een andere samenstelling, ofwel stedelijke typologie, is als basis gebruik gemaakt van de Spacemate (Haupt, Berg-hauser Pont 2010 [9]). Daarin worden stedelijke typen, die sterk samenhangen met de periode waarin ze gebouwd zijn en dus ook een bepaalde bouwtypologie in zich hebben, aan de hand van hun dichtheid gedefiniëerd.

Bij het kiezen is het ook van belang dat er sprake is van verschillende ingrepen: groot onderhoud, renovatie en sloop/nieuwbouw.

In dit voorbeeldenboek is gekozen voor drie wijken met een verschillende combinatie van de maatschappelijk-ruimtelijke opgave, de stedelijke typologie en de verscheidenheid aan ingrepen.

Spacemate: Achtergrond

Binnen de matrix zijn de groepen rural, suburban, urban and highly urban representatief voor typen bestaand stedelijk gebied. Voor dit receptenboek is gekozen voor de laatste drie en deze zijn gekoppeld aan de maatschappelijk ruimtelijke opgaven die daarbij behoren.



FSI=Floor Space Index = m^2 vloeropp./ m^2 grondopp;

GSI=Ground Space Index = m^2 : bebouwde grondopp./ m^2 grondopp.;

OSR=Open Space Ratio = m^2 onbebouwde grondopp./ m^2 grondopp.;

L=bouwlagen

De verhouding tussen FSI en GSI leidt tot een bepaald type stedelijk weefsel: FSI 0-0,75 en GSI 0-0,1 is landelijk gebied, FSI 0,25-1,50 en GSI 0,8-0,22, is laag stedelijk, FSI 0,30-2,5 en GSI 0,18-0,38 is stedelijk en FSI groter dan 0,5 in combinatie met GSI tussen de 0,25 en 0,55 is hoogstedelijk

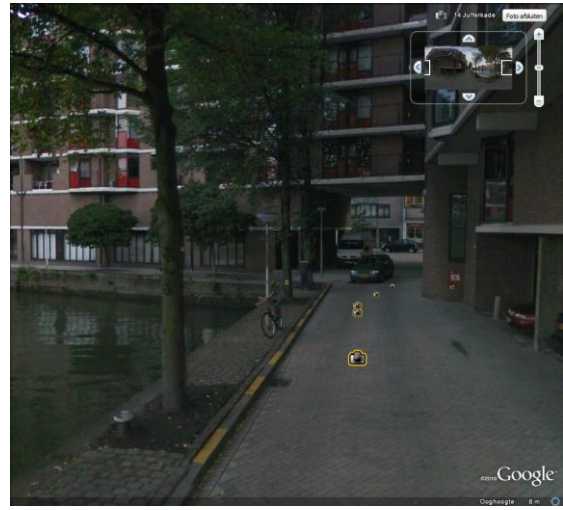
- Een wijk “Centrumstedelijk” met hoge bouwdichtheid.
Deze typologie varieert per stad het meest maar door de Sleutelprojecten van het Rijk houdt het in elk geval het stationsgebied in, vaak in combinatie met wonen en ondergronds bouwen (van parkeergarages of openbaar vervoer).
- Een Wederopbouwwijk (Naoorlogse wijk)
Het herstructureren van de naoorlogse wijken (1945-1970) is op het moment een grote opgave die in heel Nederland speelt
- Een “Bloemkool”-wijk (bouwjaar ’70-’90)
De bloemkoolwijken zijn zeer typisch, omdat het om heel monomaan ingerichte gebieden gaat die ook over heel Nederland te vinden zijn.

Hieronder zijn de belangrijkste algemene karakters van de drie wijken samengevat.

Tabel 2-1 Beschrijving van de drie voorbeeldwijken (data verschillende bronnen uit referentie)

Algemene karakters	Centrumstedelijk	Wederopbouw (Naoorlogs 1945-1970)	‘Bloemkool’ (1970-1990)
Bouwtypologie	Uiteenlopende functies en typen, schaalverschillen, mix van diverse woningtypes en kantoren en station, vooroorlogs hofje, klein, groot herenhuis, winkels, café restaurant en kantoren, recreatie voorzieningen, ambachtelijke bedrijven	Schijvenbouw, portiekflats collectieve verwarming per portiek, industriële bouw, huurwoningen jaren 50-60 grondgebonden woningen,	Binnenstedelijk 70-80 grondgebonden woningen (wijk verwarming) flat collectieve wijkverwarming, beperkte schaal winkels en kantoren, wijkverwarming
Energie-infrastructuur	G+E, W + E, G+W+E	G+E, W+E	G+E, W+E
Openbare ruimte	Verhard	Gemeenschappelijk groen	groen, kindvriendelijk en er is veel openbare ruimte
Verkeer Infrastructuur	Veelzijdig door OV, tram + bus + metro	Goed ontsloten doorlopende, en compartimenterende wegen	Doodlopende intra met centrumring
Ondergrond	Complex	Integraal opgehoogd, drainage systemen, artificieel watersysteem	Partieel opgehoogd
Maatschappelijk ruimtelijke opgave	Woningbouw, stations, infra, water	Eenzijdige woningvoorraad, fysieke beheerachterstanden van gebouwen en openbare ruimte, waterkwaliteit en waterkwantiteit opgave	gedateerde woonerven, energieuwslurpende gebouwen, leegloop en verwaarlozing, onoverzichtelijk door infrastructuur, beheerachterstand openbaar groen weinig hechte sociale verbanden geen duidelijke identiteit
Oplossingen	Nieuwbouw Groene daken, wateropvang in gebouwen, pleinen	Grondgebonden woningen, openbare ruimte, meer wateroppervlak	Renovatie woningen, openbare ruimte herontwerp

In de volgende paragrafen zijn de drie wijken nader beschreven



2.2 Centrumstedelijke wijk

De opgaven in de centra van de verschillende Nederlandse steden zijn vergelijkbaar, maar kunnen typologisch erg verschillen. In de Nederlandse stadscentra is de impuls van de Sleutelprojecten al decennia van belang. De eerste generatie is voortgekomen uit VINO en VINEX, vanaf eind jaren tachtig, en richtte zich op de versterking van de concurrentiepositie door vooral binnenstedelijke herontwikkeling. Deze sleutelprojecten zijn: Brabantse Poort (Nijmegen), Centraal Stadsgebied Amersfoort, Céramique (Maastricht), Corridor Eindhoven, Veldhoven-Welschap, Kop van Zuid (Rotterdam), Nieuw Centrum Den Haag, Oostelijk Havengebied (Amsterdam) en Stationsgebied Noordwest (Groningen).

De tweede generatie begint vanaf eind jaren negentig en richt zich op hoogwaardige openbaar vervoerterminals, aanhechting aan de stad, de concurrentiepositie van steden en de HST-stations. Tweede generatie sleutelprojecten zijn: Arnhem Centraal, Den Haag Nieuw Centraal, Rotterdam Centraal, Breda Stationskwartier, Utrecht Centraal en de Amsterdam Zuidas (BSP 2009, [10]).

In de centra worden de stations op de schop genomen, de stationsgebieden aangepakt en worden er vele vierkante meters wonen en voorzieningen bijgebouwd. Dit door sloop en nieuwbouw maar ook met herontwikkeling van bestaande bouw. Kenmerkend is ook de toevoeging van hoge woontorens.

Dit type wijk heeft een hoge dichtheid, met een diverse bouwtypologie uit verscheidene bouwperiodes waardoor de opgave het meest divers is: zowel onderhoud als renovatie en sloop/nieuwbouw. Voor dit type hebben we gekozen voor een deel grondgebonden historische bouw die gerenoveerd moet worden. Dat is bijvoorbeeld net nog een strip grachtenpanden, of een moderne flat die alleen onderhoud nodig heeft. Het aandeel wederopbouw (naoorlogs) kantoren worden deels gerenoveerd en deels afgebroken om plaats te maken voor een woontoren. Ook wordt een groot deel winkels toegevoegd, de shoppingmall in het station.

2.3 Wederopbouwwijk (Naoorlogse wijk)



Eén van de grootste ruimtelijke opgaven van dit moment is de herstructurering van wederopbouw woonwijken. In de naoorlogse periode zijn 2.149.000 woningen gebouwd (CBS [12]). Om deze woningen te laten voldoen aan wensen op het gebied van wonen en leefomgeving, gaat een groot deel van deze wijken op de schop. Deze herstructurering is niet alleen fysiek van aard, zoals de Stadsvernieuwing van de jaren '70. Integraliteit is het motto van het Grootstedenbeleid (GSB), waarin sociale, economische én fysieke vernieuwing worden gecombineerd.[11]

Veel wederopbouw (naoorlogse) stadsuitbreidingen voldoen niet aan hedendaagse eisen en kennen fysieke beheerachterstanden aan gebouwen en openbare ruimte. De eenzijdige woningvoorraad van kleine, goedkope huurwoningen heeft geleid tot concentratie van sociaal-economische en maatschappelijke problemen. Binnen de stedelijke vernieuwing zoeken veel steden een antwoord in differentiatie van de woningvoorraad, zoals door het aantrekken van midden- en hoge inkomens, via marktgericht bouwen of renoveren.

De herstructureringsprojecten leiden tot forse ingrepen in de stedenbouwkundige structuur en de samenstelling van de bevolking.

2.4 'Bloemkool' wijken (1970-1990)



De Derde Nota voor de Ruimtelijke Ordening in 1975 (dat uiteindelijk in verfiyndere versie leidde tot de Structuur Nota voor Stedelijke gebieden 1985) promootte de gebundelde deconcentratie. Er werden steden aangewezen die moesten groeien om voldoende woningen te garanderen. Dit waren niet de grote steden maar randgemeenten, zoals Alkmaar, Almere, Apeldoorn, Capelle aan den IJssel, Duiven, Etten-Leur, Haarlemmermeer, Hellevoetsluis, Helmond, Hoorn, Houten, Huizen, Lelystad, Nieuwegein, Purmerend, Spijkenisse, Westervoort en Zoetermeer.

De maatregelen voor de realisatie van deze groeikernen zijn vastgelegd in de 'Verstedelingsnota' (1978) De bijdrage van deze groeikernen aan het totaal van de nationale bouwproductie groeide van 6,9% in 1972 tot 17,8% in 1982. Tot aan 1990 werden in deze groeikernen 230.000 huizen gerealiseerd. Naast deze groeikernen werden groeisteden aangewezen Groningen, Zwolle, Breda en Amersfoort.

De woningproductie die dit opleverde was vergelijkbaar met die van de wederopbouwperiode (1945-1970): tussen 1970 en 1990 zijn 2.222.533 woningen gebouwd (Bron: CBS). Dit wordt ook wel de bouw golf '70-'90 genoemd. Vergeleken met de woonwijken uit de wederopbouwperiode zijn het nog prima wijken. De fysieke structuur van de wijken wordt vaak als kwaliteit gezien: ze zijn groen, kindvriendelijk en er is veel openbare ruimte. Maar het is er wel onoverzichtelijk door een doodlopende infrastructuur die de typische 'bloemkool' structuur veroorzaakt. In wijken uit de jaren '70 en '80 waren woonerven belangrijke ruimtelijke elementen omdat zij op de menselijke schaal geborgenheid gaven. De woonerven lagen vaak aan de achtertuinen en de voortuinen waren gelegen aan de groenstructuur waardoor de grens tussen openbaar en privéterrein onduidelijk werd. Passende budgetten voor het onderhoud van dergelijk ruim openbare groen zijn er nooit geweest en daarom zijn het overvloedige struikgewas en de grasvelden niet goed onderhouden.

De bloemkoolwijken zijn geen ernstig verloederde buurten waar gettovorming plaatsvindt maar worden wel als saai ervaren en de woonerven als erg gedateerd. Voor de huizen geldt dat veertig jaar een theoretische leeftijd is waarop woningen boekhoudkundig worden afgeschreven, en ze dus in de rij staan voor een herinvestering. Hoewel afgeschreven zijn de woningen meestal technisch wel van goede kwaliteit maar energetisch een drama. Veel particu-

liere eigenaren doen geen herinvestering omdat ze geen geld ‘over’ hebben. En verhuurders staan soms voor de vraag of slopen niet beter is dan een dure opknapbeurt.

In de Bloemkoolwijken zijn door grote doorstroom weinig hechte sociale verbanden. De meest verankerde bewonersgroep is die van de eerste generatie bewoners (de babyboomers). Deze zijn inmiddels gepensioneerd en staan voor vraag of de woningen en de buurt nog bij hen passen, en of ze daar oud kunnen worden.

Een van de kansen om dit type wijk een goede doorstart te laten maken is het stimuleren van eigen woningbezit (door bijvoorbeeld huur in koop om te zetten). Er moet dan wel iets gevonden worden om het groot onderhoud aan de woningen te stimuleren en in groepsverband plaats te laten vinden. Als dit niet gebeurt dan dreigen ze de probleemwijken van de toekomst te worden.

2.5 De voorbeeldwijken: Wat zijn de ingrepen?

In de drie voorbeeldwijken worden gebouwen en woningen gerenoveerd, gesloopt of nieuw gebouwd. Onderhoud betekent functiebehoud, waarbij de bewoners kunnen blijven wonen. Renovatie betekent “bijna nieuwbouw” waarbij de bewoners doorgaans niet in de woning kunnen blijven wonen en tijdelijk elders gehuisvest worden.

In met name de centrumstedelijke wijk wordt het aantal vierkante meters vloeroppervlak sterk uitgebreid, in lijn met Prachtig Compact NL [8].

Voor iedere wijk is een grondoppervlak van 90.000 m² aangenomen en is per wijk het aantal vierkante meters A_g berekend met behulp van de Spacemate.

Vervolgens is gekeken welke fysieke aanpassing de maatschappelijk-ruimtelijke opgave met zich brengt en deze is vertaald naar een nieuwe situatie. Voor iedere wijk is de bouwkundige en installatietechnische situatie vastgelegd. Voor de drie wijken betekent dit het volgende:

- In de centrumstedelijke wijk is de opgave het meest divers met zowel onderhoud als renovatie en sloop/nieuwbouw; hier komt ook nog een meervoud aan functionele invulling en wijziging bij. Het aantal vierkante meters vloeroppervlak neemt sterk toe. Voor woningen en utiliteitsgebouwen die ouder zijn dan 1960 is verondersteld dat de bouwkundige staat wat betreft energiebehoefte gelijk is aan woningen en gebouwen uit 1960. Dit betekent: geen gevelisolatie, geen dak- en vloerisolatie en beperkte aanwezigheid van dubbelglas. De luchtdichtheid van de woningen en gebouwen is beperkt. Er is sprake van natuurlijke ventilatie en/of van ventilatie met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer zonder warmteterugwinning. De warmtevoorziening gebeurt met een conventionele CV ketel met een gescheiden warm tapwater toestel. Er is in woningen geen sprake van koeling.
Bij utiliteitsbouw is soms sprake van mechanische koeling. Supermarkten hebben mechanische productkoeling. Een belangrijk deel van de wijk is toe aan ingrijpende renovatie en sloop/nieuwbouw, ook voor de installaties.
- De wederopbouwwijk (naoorlogse wijk) heeft eveneens onderhoud, renovatie en sloop-/nieuwbouwopgaven. Hier is de functionele verandering niet heel groot (meer grondgebonden woningen). De renovatie is niettemin ingrijpend door de grote achterstand met betrekking tot schilkwaliteit en (klimaat)installaties.
De in deze wijk aanwezige woningen en gebouwen zijn gebouwd vóór 1960 en hebben dus (zie boven) een energiegebruik dat vergelijkbaar is met woningen en gebouwen uit 1960. De bouwkundige en installatietechnische typering is gelijk aan de cen-

trumstedelijke wijk. Voor een belangrijk deel van de wijk is ingrijpende bouwkundige en installatietechnisch renovatie aan de orde.

- In de bloemkoolwijken is er alleen sprake van onderhoud en er is geen functionele wijziging, alleen toevoeging van voorzieningen.
De woningen en utiliteitsgebouwen in deze wijk hebben gevelisolatie, vloer- en dakisolatie en hebben deels dubbel glas, meer dan in wijk 1 en 2. Er is in woningen sprake van verwarming met VR-combiketels.

De aangenomen infrastructuur voor alle wijken is: Aardgas en elektriciteit (G+E) of Warmte en Elektriciteit (W+E)

Onderstaande Tabel 2-2 geeft de wijkopzet weer in getallen.

Tabel 2-2 Karakterisering drie voorbeeldwijken voor de huidige en toekomstige situatie

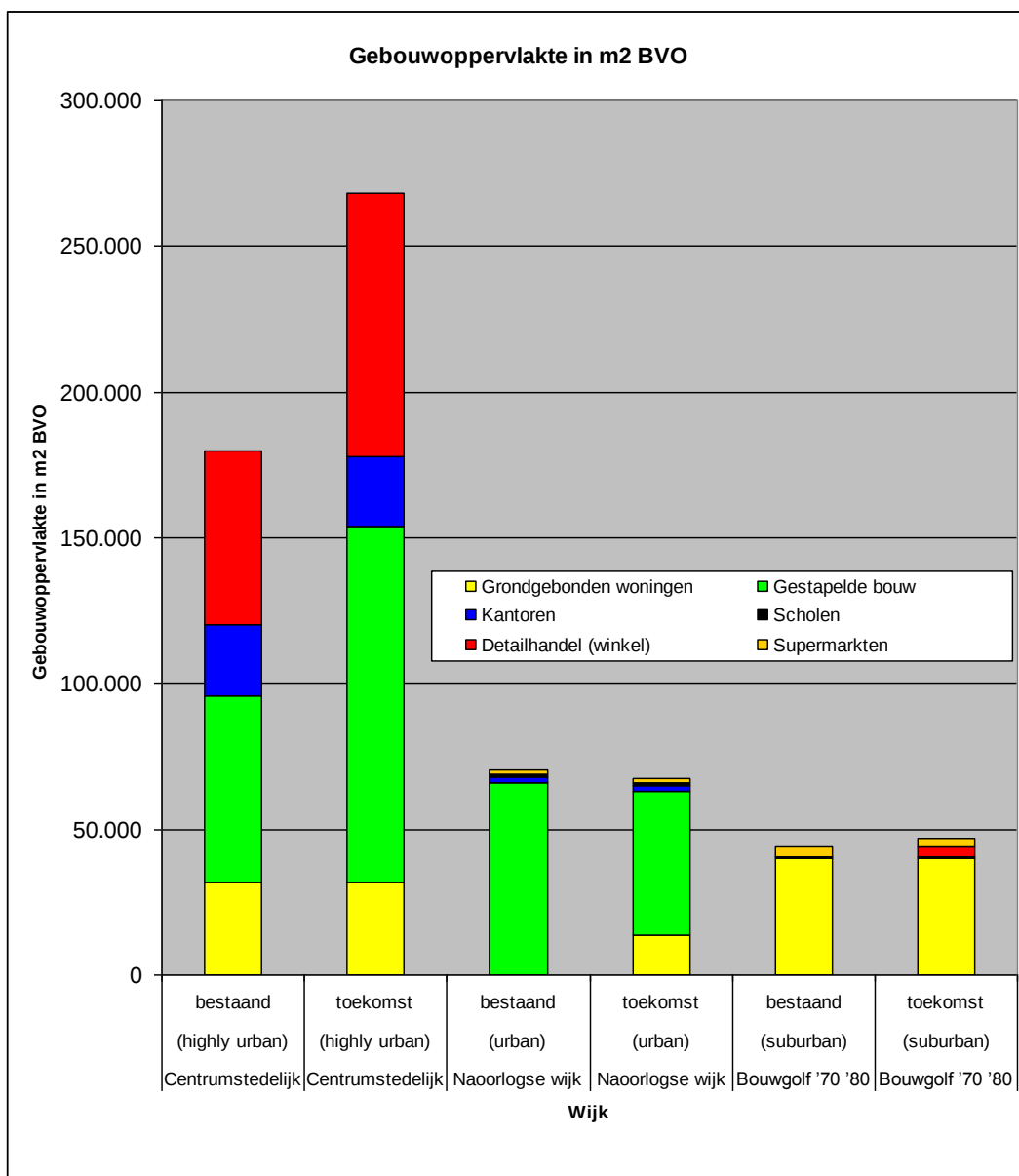
	Wijk 1: Centrumstedelijk		Wijk 2: Wederopbouw (na-oorlogs)		Wijk 3: Bloemkoolwijk	
	huidig	toekomst	huidig	toekomst	huidig	toekomst
Totaal oppervlak [m²]	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
Bebouwd oppervlak [m²]	36.000	36.000	27.000	30.000	19.200	20.700
Onbebouwd oppervlak [m²]	54.000	54.000	63.000	60.000	70.800	69.300
Flats 1950s onderhoud [m²]			16.500	16.500		
Portiekwoningen 1950s afbraak [m²]	32.000	0	16.500	0		
Portiekwoningen 1950s renovatie [m²]			33.000	33.000		
Grondgebonden woningen nieuwbouw [m²]			0	13.500		
Grondgebonden woningen 1970 groot onderhoud [m²]					40.000	40.000
Grondgebonden woningen 1930 renovatie [m²]	32.000	32.000				
Flats 1990 onderhoud [m²]	32.000	32.000				
Torens nieuwbouw [m²]	0	90.000				
Kantoren 1960 laagbouw renovatie [m²]	5.000	5.000	1.000	1.000		
Kantoren 1960 afbraak [m²]	19.000	0	1.000			
Kantoren nieuwbouw [m²]		19.000		1.000		
Scholen 1950s renovatie [m²]			750	750		
Scholen 1970s groot onderhoud [m²]					750	750
Supermarkt 1950s (winkel) [m²]			1500	1500		
Supermarkt 1970s (winkel) [m²]	0	0			3000	3.000
Detailhandel (winkel) 1980s [m²]	60.000	60.000				
Detailhandel (winkel) nieuwbouw [m²]	0	30.000			0	3.000
Oppervlakte groen [m²]	10.000	7.000	39.400	34.000	44.520	41.580
Oppervlakte infrastructuur [m²]	44.000	44.000	20.000	20.000	19.080	20.790
Oppervlakte water [m²]	0	3.000	3.600	9.000	7200	9.000

Opmerking:

Tijdens het opstellen van dit voorbeeldenboek is de regeling voor de Energiesprong kleinschalige Binnenstedelijke Gebieden gewijzigd:

De maximaal aan te pakken hoeveelheid BVO/Ag is 40.000 m². Bij gebieden met een grotere omvang zal derhalve in de aan te pakken BVO/Ag (maximaal dus 40.000 m²) meer gereduceerd moeten worden om de energiesprong voor het gehele gebied te realiseren. Als de BVO/Ag-waarden in genoemde voorbeelden echter proportioneel worden verlaagd tot 40.000 m² totaal dan heeft dit geen invloed op de te nemen maatregelen en het daarbij behorende reductieresultaat.

In figuur 2-1 zijn de toekomstige wijzigingen in de wijken grafisch weergegeven. Daarin is goed te zien dat het vloeroppervlak in de wijk centrumstedelijk initieel al hoog is en ook sterk stijgt. Dit beeld wijkt af ten opzichte van de twee andere wijken.



Figuur 2-1 De vloeroppervlakken in de drie voorbeeldwijken

3. Maatregelen

3.1 “Trias Energetica”

Tot nu toe is in Nederland vooral aandacht besteed aan het terugdringen van het energiegebruik van individuele woningen en gebouwen. Meestal gebeurt dat op basis van de zogenaamde Trias Energetica, de aanpak via de drie achtereenvolgende stappen:

1. Terugdringen van de energievraag, bijvoorbeeld in de vorm van isolatie en warmterugwinning uit ventilatielucht en douchewater.
2. Voor de resterende energiebehoefte zoveel mogelijk duurzame energie inzetten in de vorm van wind, zon, biomassa of aardwarmte.
3. Als duurzame energie niet volstaat, dan efficiënt gebruikmaken van fossiele bronnen door hoge conversierendementen.

De Trias Energetica is een praktisch leidraad. Maar er kunnen praktische en/of economische beperkingen zijn waarom voor een andere invulling wordt gekozen. In vrijwel alle gevallen gaat verminderen van de energievraag vooraf aan het inzetten van duurzame energie, zowel wat betreft de te bereiken energiebesparing als de te bereiken duurzaamheid als uit oogpunt van kosten. Daarnaast draagt het verbeteren van de gebouwschil bij aan een beter binnenklimaat en hoger comfort. Een voorbeeld van een uitzondering hierop vormen de HR-ketels, die zeer kosteneffectief bijdragen aan stap 3 van de Trias Energetica. HR-ketels passeren daarmee – althans in kosten en effectiviteit – de inzet van duurzame bronnen (stap 2). In het verleden heeft ketelvervanging dan ook al veel plaatsgevonden.

Een extra reden om stap 1 als eerste te doorlopen is dat de kosten van duurzame energie omzetters en opslagmedia (nog) hoog zijn. De vaste capaciteitskosten zijn hoog, terwijl de bron veelal gratis is. Denk hierbij aan windmolens en PV-zonnepanelen. Bij klassieke fossiele energie omzetters – bijvoorbeeld aardgasgestookte elektriciteitscentrales – is dit precies andersom. Vermindering van de ontwerpwarmtevraag van woningen – bijvoorbeeld van 15 kW naar 2 kW of lager bij -10°C buitentemperatuur, zoals bij passiefhuizen – levert dus niet alleen een forse energiebesparing op, maar ook een grote capaciteitsbesparing en dus een grote besparing op investeringen. Daardoor is capaciteitsvermindering (kW) in een duurzaam gebied veel meer waard dan in een gebied met klassieke fossiele energievoorziening. Bovendien zijn de meeste bronnen voor duurzame energie (zon, wind, biomassa) van nature extensief, dat wil zeggen dat relatief grote oppervlakken voor winning nodig zijn.

Deze oppervlakken zijn in stedelijke gebieden vaak maar beperkt voorhanden. Naast de kosten van capaciteit vraagt ook dit ruimtelijk aspect om minimale opwek- en opslagcapaciteiten.

Overigens geldt dit niet voor WKO en geothermie, hoewel ook hier de capaciteiten per eenheid (aard)oppervlak beperkt zijn.

De Trias Energetica geldt dus – om kostentechnische redenen en om redenen van beschikbare oppervlakken – nog sterker voor gebieden met een duurzame energievoorziening dan voor gebieden met een klassieke energievoorziening. Uitval van vraag (passief woningen, A+++ apparatuur, zuinig bewonersgedrag) wordt dus letterlijk goud waard.

Zoals in een fossiele energiehuishouding is een bespaarde eenheid energie (kWh, m^3 aardgas) ook in een duurzame energiehuishouding de groenste denkbare. In een duurzame energiehuishouding is deze besparing dus ook veel meer waard. Een ‘goedkope’ stofzuiger met een vermogen van 2 kW wordt dus een dure stofzuiger. Overigens vraagt dit (ook) om een cultuur-

omslag: het populaire *groter, zwaarder en meer 'power'* is dus funest in een wijk of gebied met een duurzame energievoorziening.

Vraagvermindering leidt niet alleen tot een lagere eindvraag naar externe energie, maar ook tot een minimalisatie van de benodigde energie-infrastructuur waarlangs deze resulterende eindvraag geleverd moet worden. Dit leidt tot uitgestelde verzwaring van het elektriciteitsnet en het aardgasnet en tot het vergroten van het aantal aansluitingen bij een zekere capaciteit van de stadsverwarming (SV). Anderzijds is het wel van belang om in deze eindvraag te voorzien op een voor de gehele keten efficiënte manier. De beschikbare energie-infrastructuur en de capaciteit ervan spelen hierin een cruciale rol.

Verduurzaming op wijk- of regioniveau verloopt op dit moment via de elektriciteit- en warmte-infrastructuur, waarlangs op wijkniveau duurzaam opgewekte elektriciteit en warmte kan worden getransporteerd, in het geval van elektriciteit zelfs bi-directioneel¹ [42]. Via het aardgasnet kan lokaal geproduceerd duurzaam aardgas worden getransporteerd in de wijk. Gedacht kan worden aan vergistinggas uit zwart water en GF afval. Dit laatste wordt op dit moment nog niet toegepast.

De warmtenetten in Nederland leveren nu in hoofdzaak warmte, die afkomstig is van kleinschalige en grootschalige warmte/kracht Koppeling units (WKK). Deze zijn meestal gestookt met fossiele bronnen, maar op een aantal plaatsen met gedeeltelijk duurzame bronnen zoals afvalverbrandingsinstallaties (AVI), restwarmte uit bedrijven, warmte uit de diepe bodem (geothermie), biomassaverbrandingsinstallaties, etc.

In Den Haag is de eerste toepassing van geothermie op stedelijk gebied te vinden. Voorwaarden voor deze duurzame warmtebron is de vraag van minimaal 2000 huishoudens en de ontkoppeling van warmte voor ruimteverwarming en tapwater. Dat laatste heeft door de regelgeving omtrent legionella een hogere temperatuur nodig en het bleek duurzamer om deze te ontkoppelen van lagere temperatuur van de ruimteverwarming. De aanleg van een geothermie systeem biedt daarnaast mogelijk een optie tot het oplossen van CO₂ in het retourwater, waarmee het CO₂- effect substantieel verhoogd kan worden [45]. Geothermie kan bovendien ingezet worden als bron voor een elektriciteitscentrale.

De meeste duurzame netten zijn vooral interessant bij hoge bouwdichtheden en/of hoge eindvraag naar warmte [19].

Gezien de stand der techniek, de ontwikkeling van de eindvraag – meer elektriciteit en minder warmte - en de eis dat lokale duurzame bronnen ook daadwerkelijk lokaal dienen te zijn, heeft de elektrische infrastructuur op termijn de beste kansen als het gaat om lokale verduurzaming in de toekomst. Hiervoor is het nodig dat elektriciteitsnetten worden omgebouwd tot 'smart grids' [19][36].

Deze overwegingen zullen echter uit oogpunt van kosten en de positie van lokale netbeheerders niet snel leiden tot wijziging van de energie-infrastructuur in een zeker binnenstedelijk gebied; zeker niet wanneer lokale verduurzaming van deze bestaande infrastructuur goed mogelijk is.

3.2 Maatregelen in de Energiesprong

Energiebesparingsmaatregelen kunnen op drie niveaus worden doorgevoerd:

1. gebouwniveau;

¹ De eindgebruiker van elektriciteit neemt niet alleen elektriciteit af van het net, maar levert ook elektriciteit aan het net

2. gebruikersniveau;
3. gebiedsniveau.

In de volgende paragrafen wordt per niveau toegelicht wat men zich bij deze maatregelen zou kunnen voorstellen.

3.2.1 Gebouwgebonden maatregelen

De volgorde van de bouwkundige en installatietechnische maatregelen om de energiesprong te kunnen maken wordt bepaald door de te verwachten effecten op de energieprestatie en het economisch rendement van de maatregelen. Dit betekent voor bestaande woningen de volgende volgorde:

1. Isolatie van spouwmuren, daken, vloeren en vensters (HR++) zonder ingrijpend breekwerk
2. Ventilatie: mechanische afvoer, natuurlijke toevoer, dan wel gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning.
3. HR 107 combiketel met HR_{ww}^2 kwaliteitsverklaring.
4. Warmteterugwinning uit douchewater (Douche WTW).
5. Zonneboiler 4 m².
6. Zonnecellen voor elektriciteitsopwekking (PV) 5 m².
7. Warmtepomp(boiler).

Hoewel het berekenen van kosten buiten het kader van dit voorbeeldenboek valt, is wel getracht de volgorde zo te kiezen dat ook de economie (terugverdientijd) en CO₂-rendement (€ per ton CO₂ reductie) is verdisconteerd.

Voor met name renovatie geldt, dat isolatie op passiefniveau ingrijpende bouwkundige maatregelen vraagt zoals het verwijderen van het buitenblad van spouwmuren dan wel ‘box-in-box’ of ‘inpakconstructies’. Dit geldt ook voor laag temperatuur verwarmingssystemen (LTV-systemen, bijv. vloerverwarming) en bepaalde vormen van ventilatie met bouwkundige impact, bijvoorbeeld gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (WTW).

Zo is er bij bestaande ongeïsoleerde spouwmuren vanuit gegaan dat na-isolatie mogelijk is, echter tot een R_c waarde van 1,77 m²K/W. Deze beperking geldt niet voor daken en vloeren. Ook is uitgegaan van eenvoudige ventilatiesystemen zonder WTW en de beperking dat een LTV systeem niet mogelijk is. Hiermee is met een aardgas infrastructuur tot 60 % CO₂ reductie mogelijk, met een duurzame warmte infrastructuur tot 80 %.

Dit betekent niet dat deze aanpassingen niet mogelijk zijn. Er zijn diverse voorbeeldprojecten waar renovatie op passiefniveau is uitgevoerd, bv Roosendaal, De Kroeven.

² Gastoestellen met een HR_{ww} hebben een hoog opwekrendement voor warm tapwater. Zie ook www.kiwa.nl

Voorbeeld: Renovatie van 234 eengezinswoningen tot passiefhuisniveau. Roosendaal, De Kroeven.

In de wijk De Kroeven in Roosendaal worden 234 eengezinswoningen, gebouwd in de jaren zestig, gerenoveerd tot passiefhuizen (per definitie gebruiken deze maximaal 15 kWh/m² per jaar voor ruimteverwarming van nieuwbouwwoningen en 25 kWh/m² per jaar voor gerenoveerde woningen). Door de grote besparing op de stookkosten zijn de maatregelen voor de huurders kostenneutraal. Kenmerken van passiefhuizen: zeer goede isolatie ($R_c = 8$ tot 10 m²K/W), zeer goed isolerende deuren, ramen en kozijnen (U-waarde kozijnen = 0,8 W/m²K) zeer goede kierdichtheid ($Q_{v10} = 0,15$ maximaal), geen koudebruggen, optimaal gebruik van passieve zonne-energie, adequate voorzieningen tegen oververhitting, gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. In tegenstelling tot de mythe kunnen en mogen in passiefhuizen wel ramen geopend worden.



Pas-

siefrenovatie in Roosendaal, wijk De Kroeven

Voor nieuwbouwwoningen geldt in het Experiment, dat deze moeten voldoen aan $EPC=0,4$ de waarde die in 2015 verplicht wordt. Door het grote aandeel forfaitaire elektriciteitsgebruik voor verlichting en ventilatie is het nodig om het warmte aandeel + hulpenergie sterk terug te brengen, bij voorkeur tot beneden 10 GJ. Omdat het forfaitaire (netto) tapwatergebruik aan het vloeroppervlak is gebonden en daardoor bij niet te kleine woningen boven 5 GJ zal liggen, dient de energievraag voor verwarming op ca. 5 GJ of lager te liggen. Dit is ongeveer het energiegebruik voor ruimteverwarming voor grondgebonden passiefwoningen. Het is de vraag of voor een zo lage warmtevraag het economisch aantrekkelijk is een warmtedistributienet aan te leggen. Ook voor de warmtepomp geldt dat bij een lage warmtevraag voor ruimteverwarming en een hoog warm tapwater aandeel de verhouding kosten/baten kritisch wordt. Daarnaast geldt dat naarmate het aandeel warm tapwater toeneemt de tijd dat de warmtepomp op hogere temperatuur werkt toeneemt en de energieprestatie afneemt.

3.2.2 Gebruiksgebonden maatregelen

Bij gebruiksgebonden energiegebruik wordt onderscheid gemaakt in [13][14]:

- Gebouwafhankelijk gebruikersenergiegebruik (GAGE).
Dit betreft bouw- en installatietechniek, voor zover deze niet al gewaardeerd zijn in de post gebouwgebonden maatregelen. Dit zijn voor utiliteit onder meer transport (roltrappen, liften), centrale ICT-voorzieningen incl. ruimtekoeling, horeca centraal (keuken) en decentraal (koffiezetapparaten) en buiten- en noodverlichting. Voor woningen gaat het om hot fill toepassingen, domotica (bijv. afwezigheidschakeling).
- Gebruikersapparatuur (GA).
Dit betreft alle andere vormen van energiegebruik in het gebouw.
Voor utiliteit zijn dat o.a. computers, beeldschermen, audiovisuele apparatuur, printers, kopieerapparaten, etc.
Voor woningen gaat het om ‘stekkerapparaten’ zoals witgoed en bruingoed en betreft het hoofdzakelijk Huishoudelijk energiegebruik (HHE) [14].

Bij de gebruiksgebonden maatregelen gaat het vooral om beïnvloeding van het gedrag van de gebruikers. Het effect van gebruikersbeïnvloeding hangt sterk af van het type gebruiker. In de drie gekozen wijken zullen de gebruikers naar verwachting verschillen. In centrumstedelijk zullen vooral “yuppen” wonen, in de naoorlogse wederopbouwwijk vooral ouderen en in de bloemkoolwijk vooral gezinnen. In de berekeningen is hiermee geen rekening gehouden.

Tabel 3-1 geeft voor enkele voorbeelden van GAGE en HHE een indicatie van de energiebesparing (bron: innovatiegroep PeGo). Opgemerkt wordt dat bij hot-fill meer warm water wordt bereid. Gebeurt dat met een gasgestookt toestel dan neemt het gasverbruik toe. Gebeurt het met een elektrische warmtepomp dan neemt het elektriciteitsverbruik toe. Hoe dit uitwerkt op de CO₂-emissie hangt af van de rendementen van de opwekkers.

Tabel 3-1 Maatregel energiebesparing op totaal elektriciteitsverbruik (%)

MAATREGEL	BESPARING [%]
GAGE	
hot-fill wasmachine	1,5
hot-fill vaatwasser	0,6
gasgestookte droger	5,3
afwezigheidschakeling, spaarlampen	6,6
Hot-fill alternatieve warm waterbereiding	2,4
volledig koken op gas	3,2
HHE	
A++ label koelkast	8,3
A++ label vriezer	2,5
Stand-by killer computer	4,8
zuinige TV	0,5
Stand-by killer	4,1

Opmerking:

In dit voorbeeldenboek met fictieve wijken is voor de referentie gerekend met een elektriciteitsgebruik van 3.450 kWh per woning, waarvan ca. 2.500 kWh gebruikersgebonden. Voor alle grondgebonden woningen en gestapelde woningen is gerekend met gebruiksoppervlakken van resp. 124 m² en 112 m², conform de huidige EPN. In werkelijkheid zijn de gebruiksoppervlakken van oudere woningen kleiner, afhankelijk van het bouwjaar. Dit betekent dat het elektriciteitsgebruik en CO₂-emissie per m² gebruiksoppervlak lager zijn..

3.2.3 Maatregelen op gebiedsniveau

Voor infrastructuur kan gekozen worden tussen de volgende gangbare combinaties:

- G+E: Aardgas en Elektriciteit (gangbaar in Nederland, referentie).
- W+E: Warmte en Elektriciteit. Dit geldt voor woningen en gebouwen die zijn aangesloten op stadverwarming of blokverwarming. Voor deze verwarmingssystemen kunnen diverse bronnen worden gebruikt. Ongeveer vijf procent van de woningen in Nederland is aangesloten op stadsverwarming en ca 10 % op blokverwarming.
- AE: All Electric, uitsluitend elektriciteit. Dit wordt vooral toegepast in woningen en gebouwen met een individuele warmtepomp. Een belangrijke optie voor zeer zuinige woningen waar de aanleg van een aardgasnet niet (meer) opportuun wordt geacht.
- W+G+E: Warmte, aardgas en elektriciteit. Deze optie komt in sommige oudere stadsverwarmingwijken voor en stamt uit de tijd dat elektrisch koken niet gangbaar was. Energetisch kan dit een interessante optie zijn als een zeer laag temperatuur duurzame restwarmtebron beschikbaar is, bijvoorbeeld bij tuinbouwgebieden.

De keuze voor de energie-infrastructuur wordt in hoge mate bepaald door de vraag en dus door de bebouwingsdichtheid van het gebied en de intensiteit van het energiegebruik. Voor de eindgebruiker is de energie-infrastructuur ook relevant betreffende met het oog op leveringszekerheid, kosten van aanleg en vastrecht voor de gebruiker, milieu, incl. CO₂-impact, capaciteit en inzetbaarheid/flexibiliteit.

In dit voorbeeldenboek zijn bij maatregelen ten aanzien van de energie-infrastructuur drie situaties gekozen:

- er is geen stadsverwarmingnet en dat komt er ook niet: $G + E$
- er is en blijft een stadsverwarmingnet: $W_{\text{bestaand}} + E$
- er komt een nieuw stadsverwarmingnet: $W_{\text{nieuw}} + E$

Dus voor elk van de drie wijken worden drie situaties van de energie-infrastructuur beschouwd, zodat het in totaal om negen situaties gaat.

Voor de kosten is de infrastructuur $G+E$ als referentie genomen, vanwege de gangbaarheid van in Nederland.

Voor warmte wordt algemeen het niet meer dan anders (NMDA) principe gehanteerd, vastgelegd in de warmtewet. De bedoeling van dit principe is dat warmte uit aardgas in alle opzichten (aanschaf, onderhoud, gebruik, etc.) even duur is als warmte uit SV-systemen³. De bewoner heeft dus geen voordeel of nadeel van verduurzaming van het warmtenet. De bewoner heeft wel nadeel van dit principe als het warmteverbruik van de woning hoger is dan van vergelijkbare aardgaswoningen. Dit kan gebeuren als de energieprestatie voor beide woningen in de gehele keten gelijk is, maar dit voor de $W+E$ woning vooral is bereikt door verbeteringen in de keten buiten de woning, en voor $G+E$ woning vooral door het warmteverbruik van de woning zelf te verminderen; dus binnen de woning, bijv. door isolatie. De $W+E$ woning gebruikt dan op de grens van de woning, waar het energiegebruik gemeten wordt, meer energie dan de $G+E$ woning.

³ De praktijk is weerbarstiger: In de praktijk zijn de aanlegkosten voor de ontwikkelaar en soms ook voor de eigenaar/bewoner van de woning hoger dan bij aardgasaansluiting.

4. Centrumstedelijke wijk

4.1 Wijsamenstelling en ingrepen

In tTabel 4-1 zijn de huidige en toekomstige situatie t.a.v. het vloeroppervlak gegeven.

Tabel 4-1 Samenstelling huidige en toekomstige wijk centrumstedelijk

Type gebouw	Centrumstedelijk	
	huidig	toekomstig
Portiekwoningen 1950s afbraak [m ²]	32.000	0
Grondgebonden woningen 1930 renovatie [m ²]	32.000	32.000
Flats 1990 onderhoud [m ²]	32.000	32.000
Torens nieuwbouw [m ²]	0	90.000
Kantoren 1960 laagbouw renovatie [m ²]	5.000	5.000
Kantoren 1960 afbraak [m ²]	19.000	0
Kantoren nieuwbouw [m ²]		19.000
Detailhandel (winkel) 1980s [m ²]	60.000	60.000
Detailhandel (winkel) nieuwbouw [m ²]	0	30.000

In de toekomstige situatie neemt het aantal vierkante meters vloeroppervlak sterk toe. De belangrijkste veranderingen zijn:

- 32.000 m² portiekwoningen uit de jaren 50 wordt gesloopt en 90.000 m² in woontorens nieuw gebouwd;
- 19.000 m² kantoor ruimte uit de jaren 60 wordt gesloopt en evenveel meters kantoorruimte worden nieuw gebouwd;
- 30.000 m² winkelruimte voor detailhandel wordt nieuw gebouwd.

Voor woningen en utiliteitsgebouwen die ouder zijn dan 1960 is verondersteld dat de bouwkundige staat wat betreft energiebehoefte gelijk is aan woningen en gebouwen uit 1960. Dit betekent: geen gevelisolatie, geen dak- en vloerisolatie en beperkte aanwezigheid van dubbelglas. De luchtdichtheid van de woningen en gebouwen is beperkt, er is sprake van natuurlijke ventilatie en/of van ventilatie met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer zonder warmteterugwinning. De warmtevoorziening gebeurt met een conventionele CV ketel met apart een warm tapwater toestel. Er is in woningen geen sprake van koeling.

Bij utiliteitsbouw is soms sprake van mechanische koeling. Supermarkten hebben mechanische productkoeling. Een belangrijk deel van de wijk is toe aan ingrijpende renovatie en sloop/nieuwbouw, ook voor de installaties.

Hieronder wordt voor deze verschillende gebouwen aangegeven welke maatregelen zijn gezien en geselecteerd.

4.2 Maatregelen op gebouwniveau

4.2.1 Grondgebonden woningen uit 1930

Deze woningen zijn al eens gerenoveerd in de jaren '60. De vermindering van de toen bereikte CO₂-emissie ligt lager dan 20% ten opzicht van de forfaitaire emissie voor de jaren '30

(van 67 naar 55 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte volgens de referentie voor bestaande woningen). Deze woningen moeten daarom worden meegeteld in het energie- en emissieplaatje voor de gehele wijk.

De forfaitaire emissie bedraagt 67 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte en de plafondwaarde is 47 kg CO₂/m².

Voor de uitwerking van besparende maatregelen wordt de Trias Energetica gevolgd. Daarom worden eerst de bouwkundige en daarna de installatietechnische maatregelen uitgewerkt.

Bouwkundige maatregelen

De bouwkundige maatregelen zijn gericht op maximale verbetering van de isolatie, zonder ingrijpend breekwerk. De ongeïsoleerde spouwmuren worden gevuld met isolatiemateriaal. In alle vensters wordt HR++-glas geplaatst. De daken worden geheel gerenoveerd en van isolatie voorzien. De vloeren worden aan de onderzijde aanvullend geïsoleerd.

Een installatietechnische maatregel die in dit kader bij de bouwkundige maatregelen is ondergebracht is het aanbrengen van mechanische ventilatie, d.w.z. mechanische afzuiging en natuurlijke toevoer. Dit totale pakket wordt verder aangeduid als “isolatie +”.

Schilkenmerk→ Grondgebonden woning ↓	Rc [m ² .K/W]			U _{glas} [W/m ² .K]		Infiltratie [dm ³ /m ² .s]
	Gevel	Vloer	Dak	BG	Verdieping.	
Referentie 1960	0,35	1	1	2,5	5	1
Isolatie+ 1960	1,77	2	4	1,2	1,2	0,625

Installatietechnische maatregelen

Hieronder wordt een aantal individuele installatievarianten beschreven en de mogelijke EPC winst getoond, zie Figuur 4-1. Als vergelijkingsbasis is hier gekozen voor een woning zonder speciale installatietechnische voorzieningen en met de modernste HR-combiketel. Deze HR 107 ketel heeft een opwekkingsrendement van 95% (BW⁴) conform de EPN. Voor warm tapwater geldt een jaarrendement van 85% (BW), wat met een aantal moderne combiketels behaald wordt, zoals aangetoond volgens de Gaskeur/EPN bepalingmethode. Het hulpenergiegebruik voor verwarming is laag.

Installatietechnische maatregelen:

- Douchewater-warmteterugwinning (DWTW)
In grondgebonden woningen met een douche op de eerste verdieping kan in veel situaties een verticale DWTW worden toegepast. Deze heeft een rendement van 50% of hoger. Hiermee kan het energiegebruik en de emissie tbv warmwatergebruik met ca. 1/3 worden verminderd.
De DWTW wordt in alle verdere varianten toegepast omdat dit een effectieve manier van energie besparen is volgens de eerste stap van de Trias Energetica, die relatief goedkoop en eenvoudig toe te passen is.
- HRe 140
De eerste generatie micro-WKK toestellen voor woningen is op de markt gebracht. Toestellen met het HRe label behalen een equivalent opwekkingsrendement van ca 125% (OW⁵). De beste toestellen behalen een hoger equivalent rendement van ca 140% (OW) ofwel 125% (BW). Voor warm tapwater blijft het rendement gelijk en het hulpenergiegebruik voor verwarming blijft laag.
Met een HRe 140 toestel wordt het energiegebruik en de emissie voor verwarming

⁴ Gewaardeerd op bovenwaarde (BW), bovenste verbrandingswaarde van aardgas (35,17 MJ/Nm³)

⁵ Gewaardeerd op onderwaarde (BW), onderste verbrandingswaarde van aardgas (31,65 MJ/Nm³)

met ruim 20% verminderd.

Deze toestellen kunnen in principe overal worden toegepast waar nu een gewone combiketel wordt gebruikt. Aandachtspunten bij de toepassing zijn o.a. een robuuste opstellingsplaats (het toestel weegt meer dan 100 kg) en goede geluidsdemping.

- Lucht/water warmtepompen.

Momenteel is een eerste generatie lucht/water warmtepompen in ontwikkeling voor toepassing in eengezinswoningen in combinatie met een combiketel als bijstook en/of warm tapwater voorziening. De toestelconcepten zijn uiteenlopend, maar in een studie [43] is aangetoond dat het primair energiegebruik voor verwarming vergelijkbaar is met een HRe 140 toestel bij toepassing in een lage temperatuur afgiftesysteem (LT). De toestelopbouw is zeer divers. Sommige toestellen kunnen volledig binnen worden opgesteld en benutten o.a. ventilatielucht. Andere toestellen hebben een buitenopstelling van de verdamper plus warmtepomp.

- Zon-thermisch

Met een correct gedimensioneerde zonneboiler kan in ca 50% van de warm tapwater behoefte voorzien worden. Aan de toepassing van een zonneboiler zijn wel voorwaarden verbonden, zoals een zuid oriëntatie van het bij voorkeur schuine dak, dat niet beschaduwd wordt door omringende bebouwing, hoge bomen, e.d. Daarom zal deze techniek niet overal kunnen worden toegepast.

Voorbeeld: Op een complex van 382 portiek-etagewoningen, gebouwd omstreeks 1963, zijn thermische zonnecollectoren (“zonneboilers”) aangebracht met een totaal vermogen van 2 MW. De opgewekte warmte wordt in aquifers opgeslagen, om er in de wintermaanden met een warmtepomp weer te worden uitgehaald. Er is eveneens voorzien in een korte termijnopslag. Met deze installatie worden de warmtevraag en de warm tapwater behoefte van het complex voor een belangrijk deel gedekt er is een gasketel aanwezig voor de piekvraag. De isolatie van de woningschil is sterk verbeterd; er is mechanische ventilatie toegepast. Zie ook: www.solarge.org praktijkvoorbeelden Schalkwijk



Haarlem, Schalkwijk. Daken met thermische collectoren

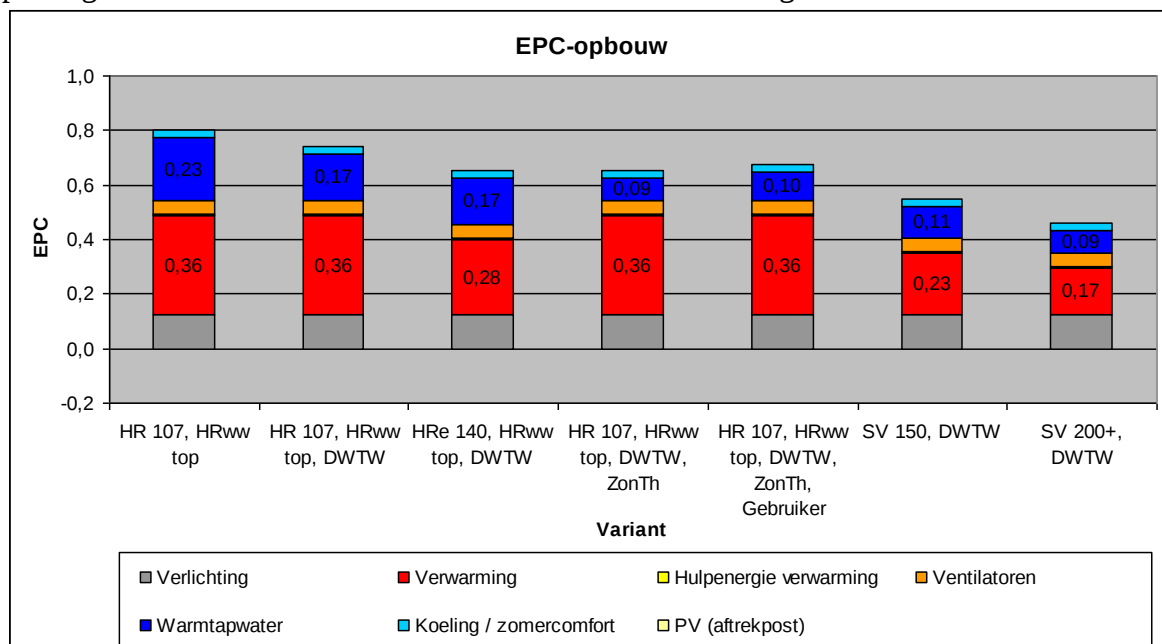
Ook is een tweetal collectieve installatievarianten uitgewerkt. Het gaat in beide gevallen om een collectief warmtenet/stadsverwarming, waarbij een afleverset wordt gebruikt voor de warm tapwater bereiding. Uitgegaan wordt van de toepassing van een zogenaamd LT-warmtenet dat op 70/40 wordt bedreven. Hierbij kan een afleverset met een rendement van 85% voor de warm tapwater bereiding worden toegepast. Met dit warmtenet kan een equivalent opwekkingsrendement van 150 – 200% worden behaald (zie kader over warmtenetten). Hiermee kan het primair energiegebruik voor verwarming en warm tapwater met meer dan 50% worden verminderd t.o.v. de beste HR combiketel. Een LT-warmtenet vereist een hierop aangepast verwarmingssysteem in de woningen.

Gebruikersmaatregelen

Als laatste wordt de inzet van gebruikersmaatregelen genoemd.

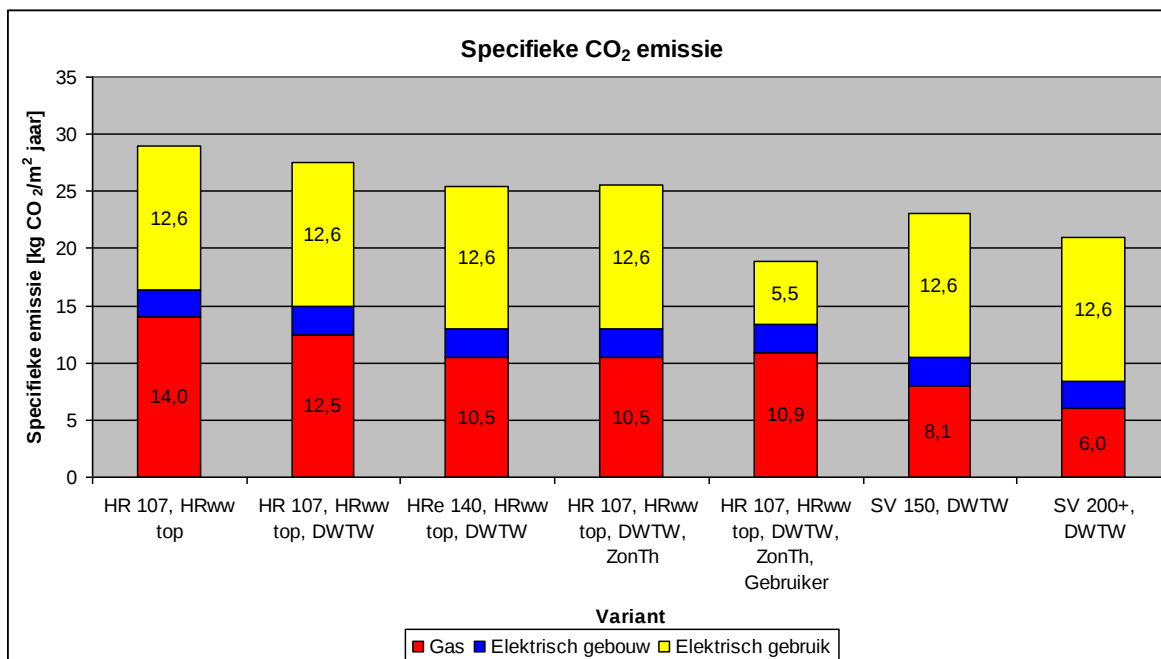
Energiezuinige verlichting	Reductie van 75% op 6 kWh/m ²
Standby killers	Reductie van 5% op totaal verbruik
Gebruikersbeïnvloeding	Reductie van 10% op totaal verbruik
Toepassing hot-fill apparatuur	Overhevelen van 500 MJ _e per jaar naar levering door warm tapwater. Hierdoor stijgt het verbruik, zoals bepaald volgens de EPC, wat gecompenseerd wordt door een daling van de emissie t.g.v. het verminderde elektrisch gebruik.

Het effect van gebruikersmaatregelen worden niet in de EPN verdisconteerd, behalve de toepassing van hot-fill. Dit heeft voor de EPC zelfs een klein negatief effect.



Figuur 4-1 Effect van installatietechnische maatregelen in grondgebonden woningen 1930 op EPC

Het effect van de maatregelen op de CO₂-emissie is gegeven in Figuur 4-2.



Figuur 4-2. Effect van maatregelen in grondgebonden woningen 1930 op CO₂-emissie

Voor toepassing van warmtenetten wordt door de SEV vereist dat de CO₂-emissie zonder SV maar met een referentierendement van 100% ook onder het CO₂-plafond blijft. Dit plafond ligt voor jaren 30-woningen op 47 kg CO₂/m². Zoals uit Figuur 4-2 blijkt liggen alle varianten, waaronder de referentie met 100% rendement, ruim onder deze waarde.

4.2.2 Flatwoningen uit 1990

Deze woningen uit de jaren '90 zijn al geïsoleerd. De forfaitaire emissie bedraagt 45 kg CO₂/m² gebruiksooppervlakte en de plafondwaarde is 31 kg CO₂/m².

Bouwkundige aanpassingen

De bouwkundige maatregelen zijn gericht op maximale verbetering van de isolatie, zonder ingrijpend breekwerk. De reeds geïsoleerde spouwmuur en vloeren worden niet aangepast. In alle vensters wordt HR++-glas geplaatst. De daken worden van extra isolatie voorzien. In de woningen wordt mechanische ventilatie toegepast. Dit totale pakket wordt verder aangeduid als "isolatie +".

Schilkenmerk→ Flatwoning ↓	R _c [m ² .K/W]			U _{glas} [W/m ² .K]		Infiltratie [dm ³ /m ² .s]
	Gevel	Vloer	Dak	BG	Verdieping.	
Referentie 1990	2	2	2	2,5	2,5	1
Isolatie+ 1990	2	2	4	1,2	1,2	0,625

Installatietechnische maatregelen

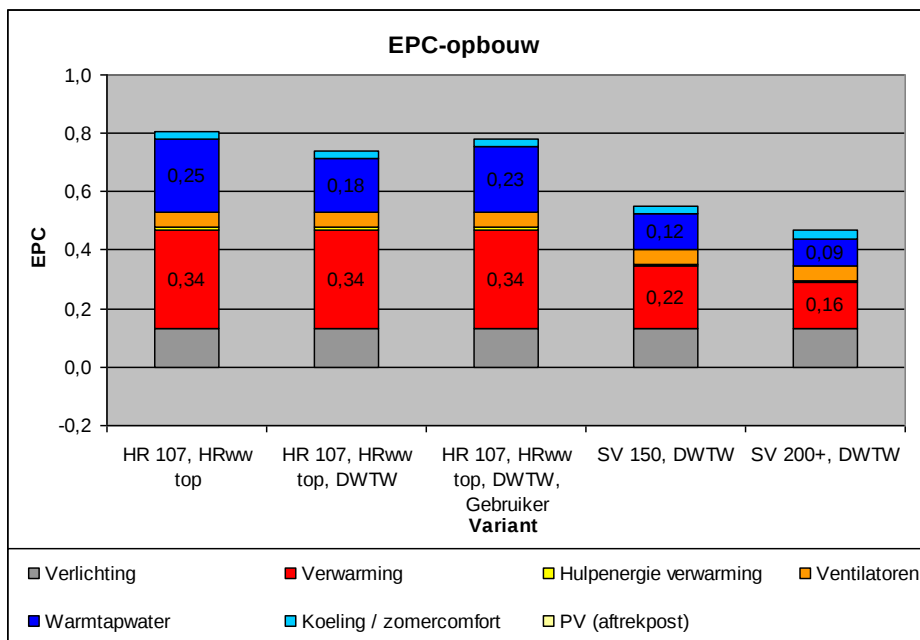
Hiervoor zijn in principe dezelfde mogelijkheden beschikbaar als bij de grondgebonden woningen 1930 (zie par. 4.2.1) maar met enige beperkingen door het type woningen. De belangrijkste verschillen met grondgebonden woningen worden hieronder behandeld.

- Douchewater-warmteterugwinning (DWTW).
In flatwoningen kan uitsluitend een horizontale DWTW onder de douchebak worden toegepast. Deze heeft een rendement van maximaal ca. 50%. Hiermee kan het ener-

giegebruik en de emissie tbv warmwatergebruik met ca. 1/3 worden verminderd. De DWTW wordt in alle verdere varianten toegepast.

- HRe 140.
HRe 140 toestellen kunnen in principe ook in flatwoningen worden toegepast, mits hiervoor voldoende ruimte beschikbaar is.
- Lucht-water warmtepompen.
Toepassing van lucht/water warmtepompen in flatwoningen is momenteel minder voor de hand liggend vanwege de moeilijke praktische inpasbaarheid.
- Zon-thermisch.
Toepassing van individuele zonneboilers in flatwoningen is momenteel minder voor de hand liggend. Collectieve zonnecollectoren zijn een optie maar zijn hier niet verder uitgewerkt.

Collectieve installatievarianten voor flatwoningen zijn goed mogelijk. Hiermee kan het primair energiegebruik voor verwarming en warm tapwater met meer dan 50% worden vermindert t.o.v. de beste HR-combiketel.



Figuur 4-3. Effect van installatietechnische maatregelen in flatwoningen 1990 op EPC

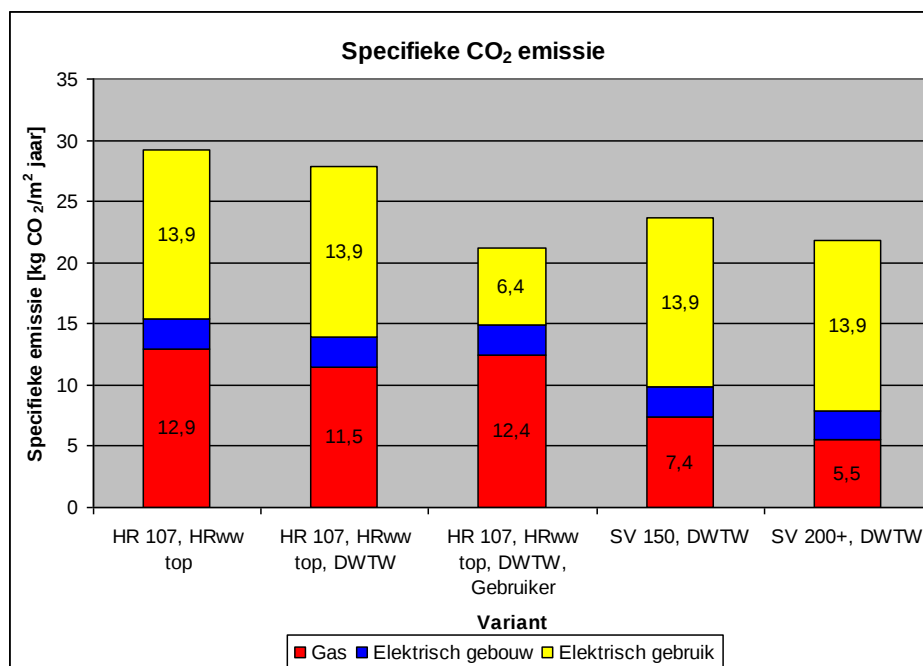
Gebruikersmaatregelen

Het gaat hierbij om de volgende maatregelen.

Energiezuinige verlichting	Reductie van 75% op 6 kWh/m ²
Standby killers	Reductie van 5% op totaal verbruik
Gebruikersbeïnvloeding	Reductie van 10% op totaal verbruik
Toepassing hot-fill apparatuur	Overhevelen van 500 MJe per jaar naar levering door warm tapwater. Hierdoor stijgt het verbruik, zoals bepaald volgens de EPC, wat gecompenseerd wordt door een daling van de emissie t.g.v. het verminderde elektrisch gebruik.

Het effect van gebruikersmaatregelen worden niet in de EPN verdisconteerd en zijn derhalve niet in Figuur 4-3 opgenomen.

Het effect van alle maatregelen op de CO₂-emissie is gegeven in figuur 4-4. Hierin is het effect van de gebruikersmaatregelen wel zichtbaar. Het blijkt dat met alle varianten aan het emissieplafond van 31 kg CO₂/m² wordt voldaan.



Figuur 4-4. Effect van maatregelen in flatwoningen 1990 op CO₂-emissie

4.2.3 Torens nieuwbouw

Het gaat hierbij om nieuwbouw en volgens de regeling dient er vanuit gegaan te worden dat hetzelfde gebruiksoppervlak ook in de referentiesituatie aanwezig is met de thans geldende EPC=0,6. De forfaitaire emissie bedraagt 42 kg CO₂/m² gebruiksoppervlak.

Voor de toekomstige situatie is volgens de regeling een EPC van 0,4 of lager vereist. De plafondwaarde is 25 kg CO₂/m² gebruiksoppervlak.

Bouwkundige maatregelen

Aangezien het nieuwbouw betreft bestaan de bouwkundige maatregelen uit isolatie op passief niveau en ook wordt gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning toegepast.

Schilkenmerk→ Flatwoning nieuw ↓	R _e [m ² .K/W]			U _{glas} [W/m ² .K]		Infiltratie [dm ³ /m ² .s]
	Gevel	Vloer	Dak	BG	Verdieping.	
Bouwkundige eigenschappen	6,5	6,5	10	0,8	0,8	0,163

Installatietechnische maatregelen

Hiervoor zijn de volgende mogelijkheden bezien, waarvan de effecten op de EPC zijn weergegeven in Figuur 4-5.

- Douchewater-warmteterugwinning (DWTW)
Een horizontale DWTW onder de douchebak met een rendement van maximaal ca. 50% wordt standaard toegepast.

Individuele warmtepompen met collectieve bron en koudwaternet.

Voor toepassing van individuele elektrische warmtepompen in flatwoningen wordt een LT-afgiftesysteem aangelegd, wat goed mogelijk is bij de lage warmtevraag. Hiermee kan een COP voor verwarming van ca. 5,0 worden behaald.

Voor warmtapwater is de warmtepomp voorzien van een buffervat. Hiermee kunnen verschillende warmtepompen een COP van 2,5 behalen voor warmtapwater.

Daarnaast kan het CV-afgiftesysteem worden gebruikt voor vrije koeling met het koudwatercircuit met een COP van 10. Hierbij wordt tevens de warmtebron geregenereerd.

Zoals uit Figuur 4-5 blijkt is de warmtevraag zo gering dat het inzetten van een warmtepomp hier relatief weinig energiebesparing oplevert. Een COP van 2,5 voor warmtapwater (primaire rendement van 100%) is geen grote verbetering t.o.v. het rendement van de beste combi-toestellen dat rond 85% ligt. De aanwezigheid van vrije koeling kan voor flats in het luxe segment een groot pluspunt zijn. Er mag echter niet uit het oog worden verloren, dat voor de circulatie van het water / de vloeistof permanent een elektrische pomp nodig is; deze vrije koeling is dus niet zonder energiegebruik.

- Zon-PV
Toepassing van 5 m² PV per flatwoning is in het gebouw in te passen.
Er zijn verschillende soorten PV-panelen met verschillende opbrengsten in kWh/m². Hier is gekozen voor multi-kristallijn met een opbrengst van 90-95 kWh bij een zuid-oriëntatie en onder een hoek van 45°.

Voorbeeld: 80 appartementwoningen aan de Nederlandlaan, Haarlem, Schalkwijk. Energielabel A++ (EPC 0,4).

In dit in 2010 opgeleverde woningcomplex zijn verschillende typen zonnecollectoren toegepast, terwijl een deel van de elektriciteitsvraag wordt gedekt door middel van een fotonvoltaïsch systeem (PV). Ook in dit complex is bodemopslag van warmte en koude toegepast.



80 appartementwoningen aan de Nederlandlaan, Haarlem

Voorbeeld: Zongerichte architectuur, Freiburg Schlierberg (Duitsland)

Om zo veel als mogelijk duurzame energie toe te kunnen passen (PV), zijn de dakvlakken van dit appartement/winkelcomplex in de wijk Schlierberg van de Zuid Duitse stad Freiburg op het zuiden gericht, waar de lange gevels op het oosten en westen georiënteerd zijn. De stedenbouwkundige situatie hoeft de toepassing van duurzame energie niet te beperken, of liever: de toepassing van duurzame energie is geen belemmerende factor voor het stedenbouwkundig ontwerp.



Toepassing PV in Freiburg Schlierberg op appartementen en winkels

Voor flatwoningen zijn collectieve installatievarianten goed mogelijk. Het is echter de vraag of het warmteverlies van collectieve warmtenetten nog opweegt tegen het geringe verbruik van de woningen. Alleen bij een zeer compact net in de flat (één leidingpaar per 4-8 flatwoningen in plaats van de huidige praktijk van één leidingpaar per flatwoning) kunnen de hier gegeven equivalente rendementen van 150 en 200% worden gerealiseerd. Hiermee kan dan het primair energiegebruik voor verwarming en warmtapwater met meer dan 50% worden verminderd t.o.v. de beste HR-combiketel.

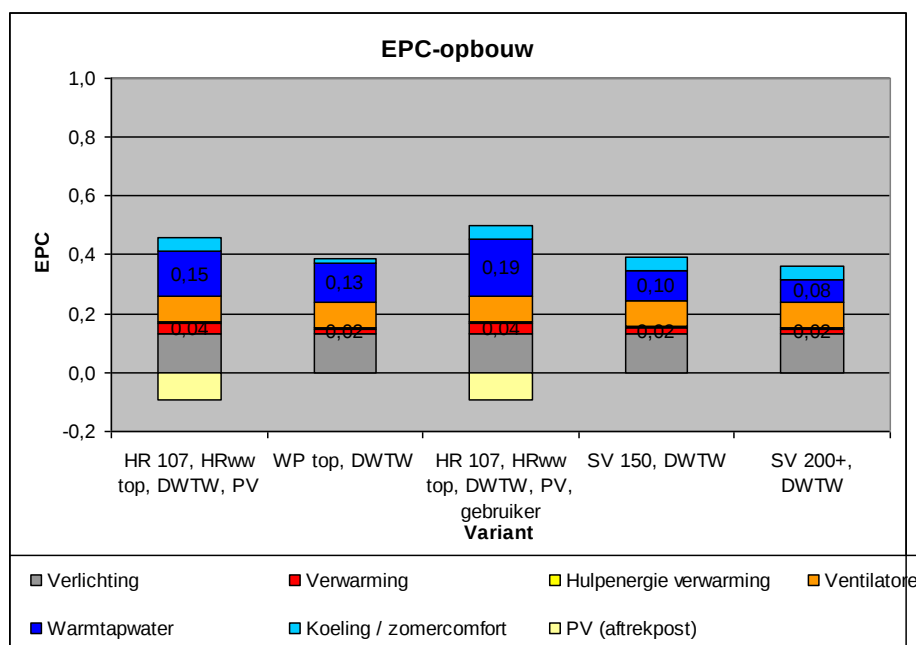
Met alle varianten wordt aan de EPC-eis van 0,4 voldaan. In Figuur 4-5 is de bijdrage van PV aan de EPC “onder de streep” weergegeven, omdat deze post in mindering moet worden gebracht op de andere posten.

Gebruikersmaatregelen

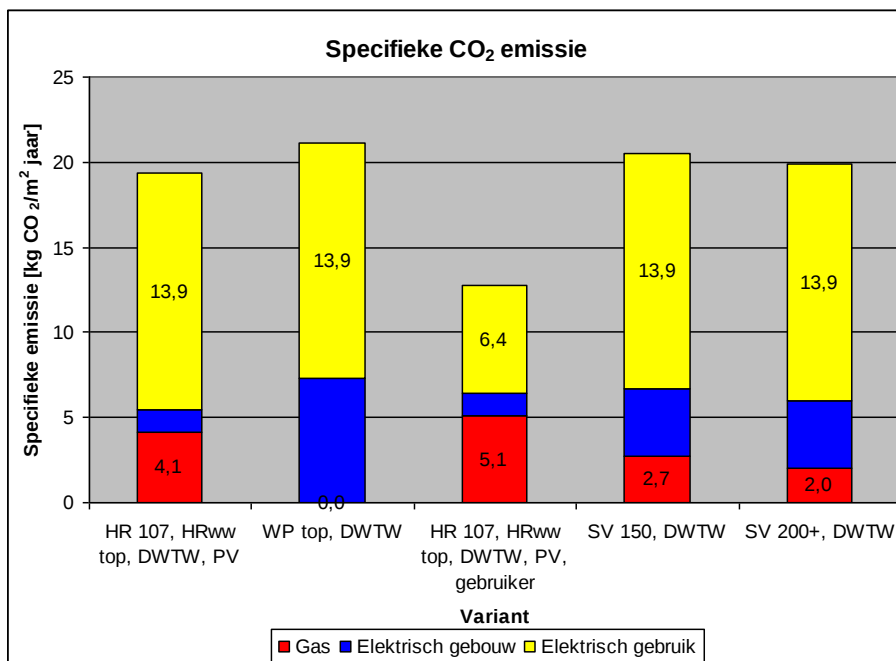
Het gaat hierbij om de volgende maatregelen.

Energiezuinige verlichting	Reductie van 75% op 6 kWh/m ²
Standby killers	Reductie van 5% op totaal verbruik
Gebruikersbeïnvloeding	Reductie van 10% op totaal verbruik
Toepassing hot-fill apparatuur	Overhevelen van 500 MJe per jaar naar levering door warm tapwater. Hierdoor stijgt het verbruik, zoals bepaald volgens de EPC, wat gecompenseerd wordt door een daling van de emissie t.g.v. het verminderde elektrisch gebruik.

Het effect van alle maatregelen op de CO₂-emissie is gegeven in Figuur 4-6. Het blijkt dat met alle varianten aan het emissieplafond van 25 kg CO₂/m² wordt voldaan.



Figuur 4-5. Effect van installatietechnische maatregelen in torens nieuwbouw



Figuur 4-6. Effect van maatregelen in flatwoningen nieuwbouw op CO₂-emissie

4.2.4 Kantoren 1960

De forfaitaire emissie bedraagt 88 kg CO₂/m² gebruiksoppervlak en de plafond waarde is 67 kg CO₂/m² gebruiksoppervlak. Deze waarden komen overeen met 73 kg CO₂/m² BVO resp. 56 kg CO₂/m², bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlak van 1,2.

Bouwkundige maatregelen

De bouwkundige maatregelen zijn, zoals bij woningen, gericht op maximale verbetering van de isolatie, zonder ingrijpend breekwerk. De ongeïsoleerde spouwmuren worden gevuld met isolatiemateriaal. In alle vensters wordt HR++-glas geplaatst. De daken worden geheel gerenoveerd en van isolatie voorzien. De vloeren worden aan de onderzijde aanvullend geïsoleerd. Ook wordt gebalanceerde ventilatie met WTW toegepast. Dit totale pakket wordt verder aangeduid als “isolatie +”.

Schilkenmerk→ Gebouw/woning ↓	Rc [m ² .K/W]			Uglas [W/m ² .K]	Infiltratie [dm ³ /m ² .s]
	Gevel	Vloer	Dak		
Referentie 1960	0,35	1	1	5	1
Isolatie+ 1960	1,77	2	4	1,2	0,18

Installatietechnische maatregelen

Als vergelijkingsbasis is hier gekozen voor een kantoor met de volgende installatietechnische voorzieningen:

- verwarming met een HR-107 ketel met een opwekkingsrendement van 90% (BW), conform EPN;
- warm tapwater wordt bereid met elektrische boilers met een elektrisch jaarrendement van 80%;
- koeling met compressorkoelers met een COP van 4,0, conform EPN;
- energiezuinige verlichting: aanwezigheidsdetectie en verminderd geïnstalleerd vermogen (4,5 kW/m²).

Hieronder wordt een aantal installatievarianten beschreven en de mogelijke EPC-winst wordt in Figuur 4-7 getoond. Figuur 4-8 laat de effecten op de CO₂-emissie zien.

- Elektrische warmtepompen.
In kantoren met een laag specifiek vermogen (minder dan 100 W/m²) kunnen LT-afgiftesysteem worden toegepast, zoals plafondsysteem, LT-convectoren of betonkernactivering. In bestaande kantoren waarvan de warmtevraag is verlaagd door goede isolatie zijn de eerste twee opties goed toepasbaar. Hiermee wordt de toepassing mogelijk van elektrische of gasgestookte warmtepompen, in combinatie met een aquifer ofwel warmte/koude-opslag (WKO).
Hiermee wordt een COP van 4,5 voor verwarming en een COP van 12 voor koeling behaald. Het primair energiegebruik voor verwarming halveert en het energiegebruik voor koeling daalt met 65%. De emissievermindering is echter minder groot omdat de primaire brandstof gas wordt ingeruild voor de brandstofmix van elektrische centrales, die een hogere emissie eenheid primaire energie hebben. Dit is zichtbaar in de figuren. Vergelijk de daling van de EPC met de daling van de emissie van gas en “elektrisch gebouw”.

- WKK.
In alle kantoorgebouwen is toepassing van WKK een interessante mogelijkheid, omdat de opgewekte elektriciteit (vrijwel) geheel in het eigen gebouw kan worden gebruikt, wat energetisch en financieel gunstig is. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van het originele warmte afgiftesysteem, zonder aanpassing naar LT.
Grotere WKK installaties behalen een equivalent opwekkingsrendement van ca 140% (BW). Zie bijlage 1. Hiermee wordt het energiegebruik en de emissie voor verwarming met ruim 30% verminderd.
- Zon-PV.
Toepassing van 250 m² PV paneel van het type multikristallijn (opbrengst van 90-95 kWh/m²) levert per kantoor van 3223 m² gebruiksoppervlak levert een daling van de EPC met 0,09 punt op. Bij plaatsing op het dak moet goed gekeken worden naar de beschikbare ruimte. Voor het standaardkantoor in de EPN is het dakoppervlak ca 800 m² en dat is ruim meer dan het benodigde PV-oppervlak. Wordt een PV-paneel gekozen van het type amorf met een opbrengst van ca. 30 kWh/m² dan gaat het om ca 560 m² PV. Uiteraard kunnen PV-panelen ook aan de gevel worden aangebracht.

Voorbeeld: Voorbeelden van PV-toepassing bij gevelrenovatie. Freiburg (Duitsland).

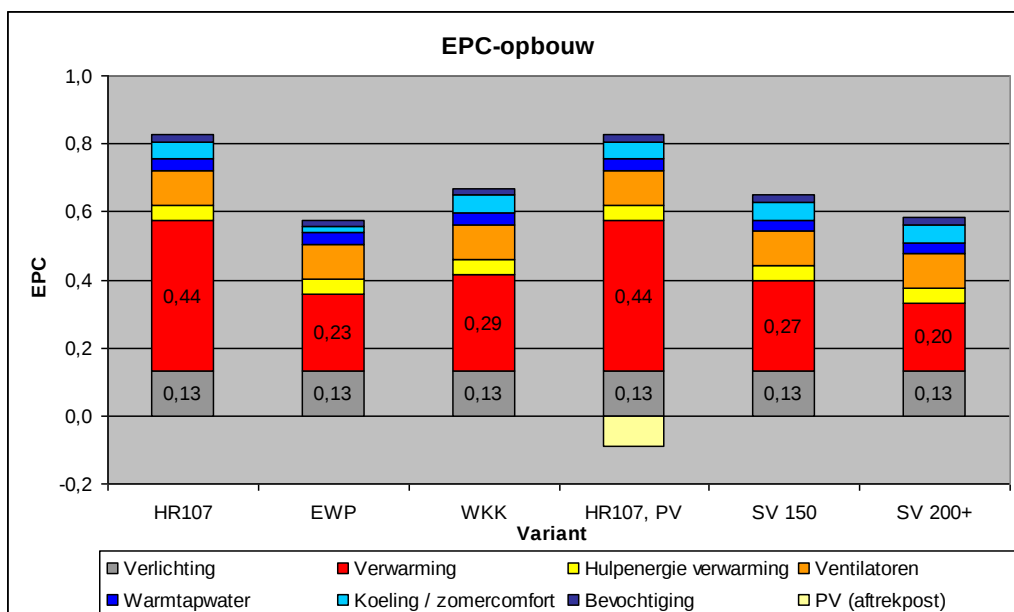
Bij renovatie van deze uit de jaren 'zestig stammende gebouwen is PV toegepast. De PV vervult in deze voorbeelden verschillende functies. Naast het opwekken van elektriciteit biedt het zonne-energiesysteem ook een architectonische verfraaiing. Op de bovenste foto is te zien, dat het PV-systeem ook een zonweringsfunctie heeft, met name bij hoogstaande zon. Op de onderste ziet men, hoe PV zonder substantiële meerkosten kan worden toegepast als gevelbekledingsmateriaal. Overigens lijkt de werking van het systeem in dit voorbeeld beperkt te worden door de beschaduwing door de naastgelegen flat. Wellicht zijn de onderste PV-modules uitgevoerd als dummies.



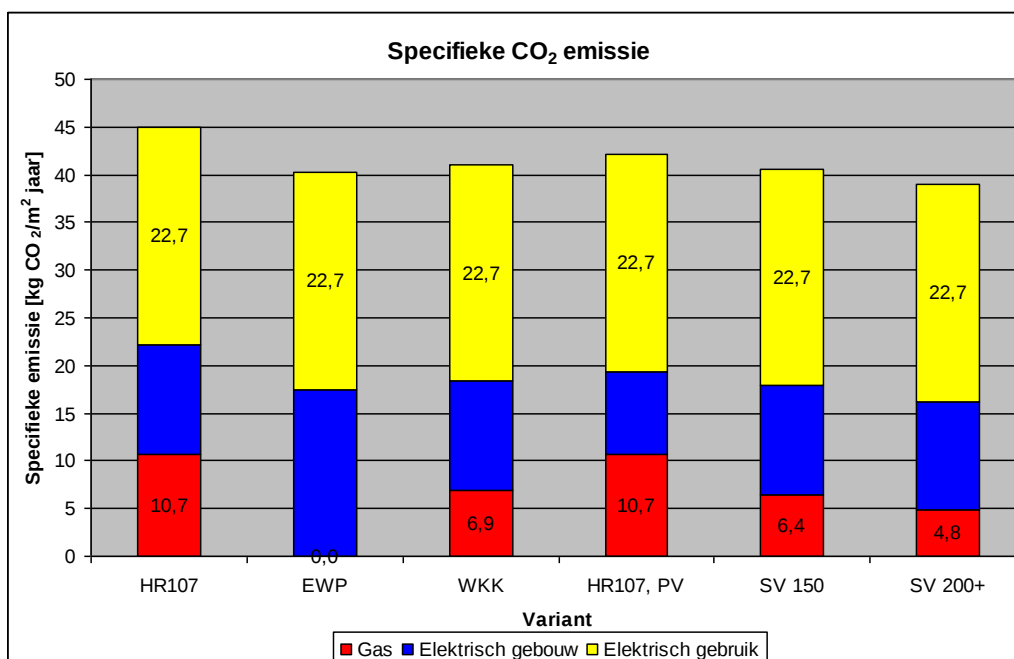
Toepassing van PV op gevels (Freiburg)

- Warmtenetten.
Voor kantoren is aansluiting op een collectief warmtenet goed mogelijk. Hiermee kan het primair energiegebruik voor verwarming met meer dan 50% worden verminderd t.o.v. de beste HR ketel.

In Figuur 4-7 is de bijdrage van PV aan de EPC “onder de streep” weergegeven, omdat deze post in mindering moet worden gebracht op de andere posten.



Figuur 4-7. Effect van installatietechnische maatregelen in kantoren 1960



Figuur 4-8. Effect van maatregelen kantoren 1960 op CO₂-emissie.

Uit Figuur 4-8 blijkt dat met alle varianten met een emissie van $45 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ of lager ruim aan het emissieplafond van $67 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ wordt voldaan.

4.2.5 Kantoren nieuwbouw

Voor deze kantoren is geen expliciete EPC eis gesteld, anders dan de wettelijke eis van 1,1. De forfaitaire emissie bedraagt $88 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ gebruiksoppervlak en het plafond is $56 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$. Deze waarden komen overeen met $73 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ BVO resp. $47 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$, bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlak van 1,2.

Bouwkundige maatregelen

De bouwkundige maatregelen bestaan uit isolatie op passief niveau en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning.

Schilkenmerk→ Kantoor nieuw ↓	$R_c [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$			$U_{\text{glas}} [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$	Infiltratie [$\text{dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$]
	Gevel	Vloer	Dak		
Bouwkundige eigenschappen	6,5	6,5	10	0,8	0,06

Voorbeeld: Groene daken in het Olympisch Dorp van Vancouver (Canada).

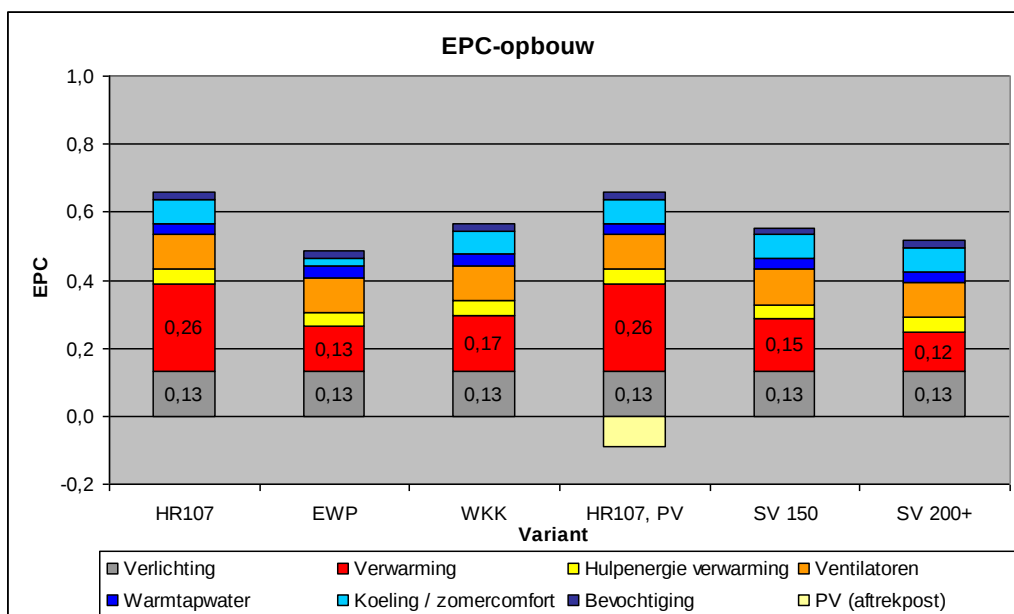
Beter dan van de grond af is aan deze maquette te zien, hoe in het Olympisch Dorp van Vancouver groene daken zijn toegepast. Daarvoor zijn verschillende redenen. Ten eerste bieden de groene daken volop buitenruimte (dubbel grondgebruik); ten tweede hebben de groene daken een vochtregulerende werking (het klimaat in Vancouver is vergelijkbaar met dat in West-Nederland) en ten derde wordt de isolatie van het dak verbeterd.



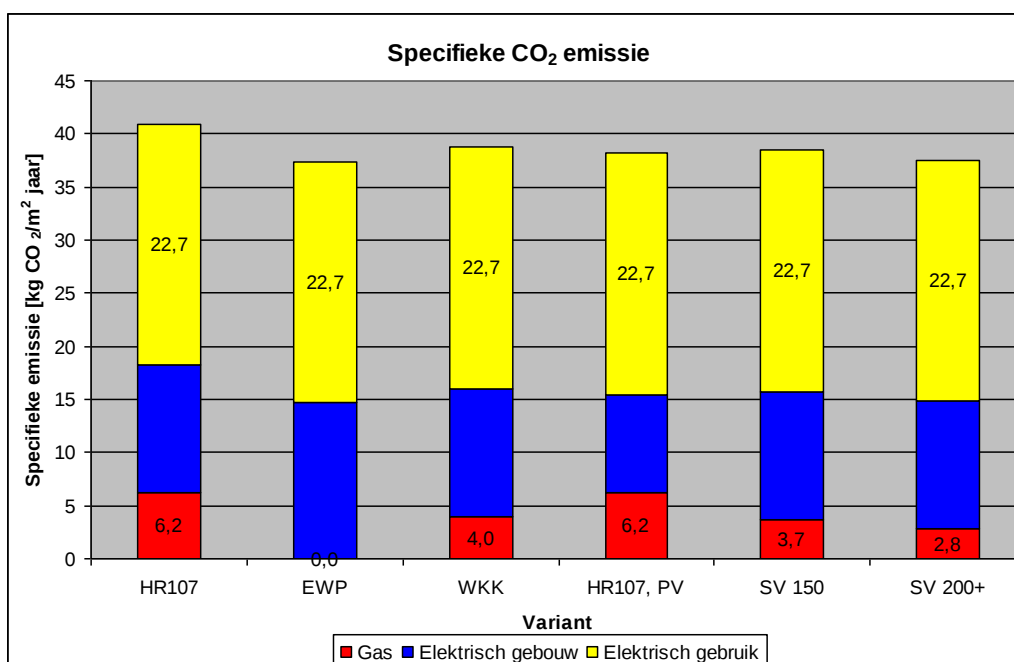
Installatietechnische maatregelen

Zoals uit Figuur 4-9 blijkt is de warmtevraag de grootste post, maar aanzienlijk lager dan in het gerenoveerde jaren '60 kantoor. Voor de installatietechnische voorzieningen is dezelfde aanpak gevolgd als voor het gerenoveerde jaren '60 kantoor. De daar gesignaleerde effecten treden ook hier op.

Met alle varianten wordt met een emissie van 45 kg CO₂/m² of lager ruim aan het emissieplafond van 56 kg CO₂/m² voldaan. Zie Figuur 4-10



Figuur 4-9. Effect van installatietechnische maatregelen kantoren nieuwbouw



Figuur 4-10. Effect van maatregelen kantoren nieuw op CO₂-emissie

4.2.6 Detailhandel (winkel) 1980

De forfaitaire emissie bedraagt 82 kg CO₂/m² gebruiksoppervlak en de plafondwaarde bedraagt 61 kg CO₂/m². Deze waarden komen overeen met 68 kg CO₂/m² BVO resp. 51 kg CO₂/m², bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlakte van 1,2.

Bouwkundige maatregelen

De bouwkundige maatregelen zijn, zoals bij woningen, gericht op maximale verbetering van de isolatie, zonder ingrijpend breekwerk. De ongeïsoleerde spouwmuren worden gevuld met isolatiemateriaal. In alle vensters wordt van HR++-glas geplaatst. De daken worden geheel gerenoveerd en van isolatie voorzien. De vloeren worden aan de onderzijde aanvullend geïsoleerd. In de winkels wordt gebalanceerde ventilatie met WTW toegepast.

Installatietechnische maatregelen

Zoals uit Figuur 4-11 blijkt is het elektrisch gebruik voor verlichting de grootste post, gevolgd door verwarming en ventilatoren.

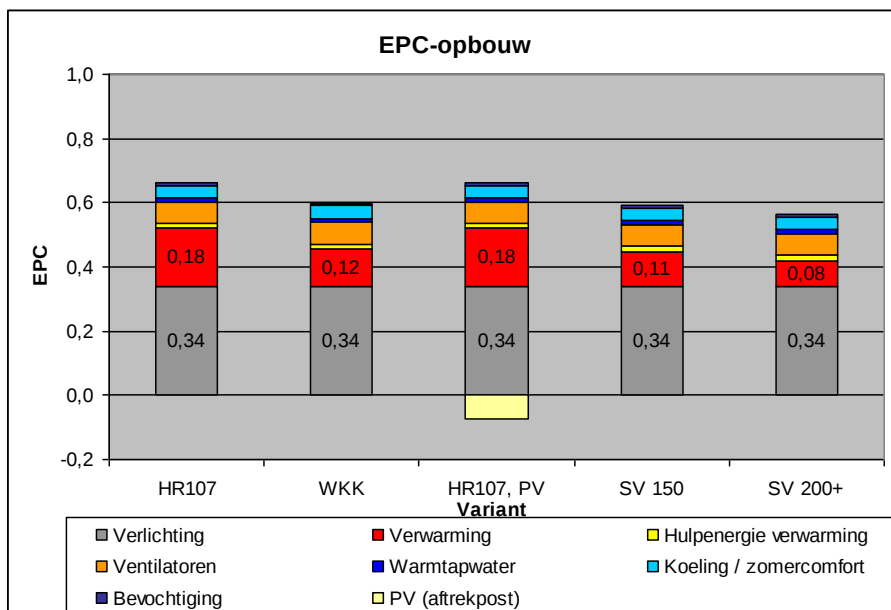
Als vergelijkingsbasis is hier gekozen voor een winkel met de volgende installatietechnische voorzieningen:

- verwarming met een HR-107 ketel met een opwekkingsrendement van 90% (BW), conform EPN;
- warm tapwater wordt bereid met elektrische boilers met een elektrisch jaarrendement van 80%;
- koeling met compressorkoelers met een COP van 4,0, conform EPN;
- energiezuinige verlichting.

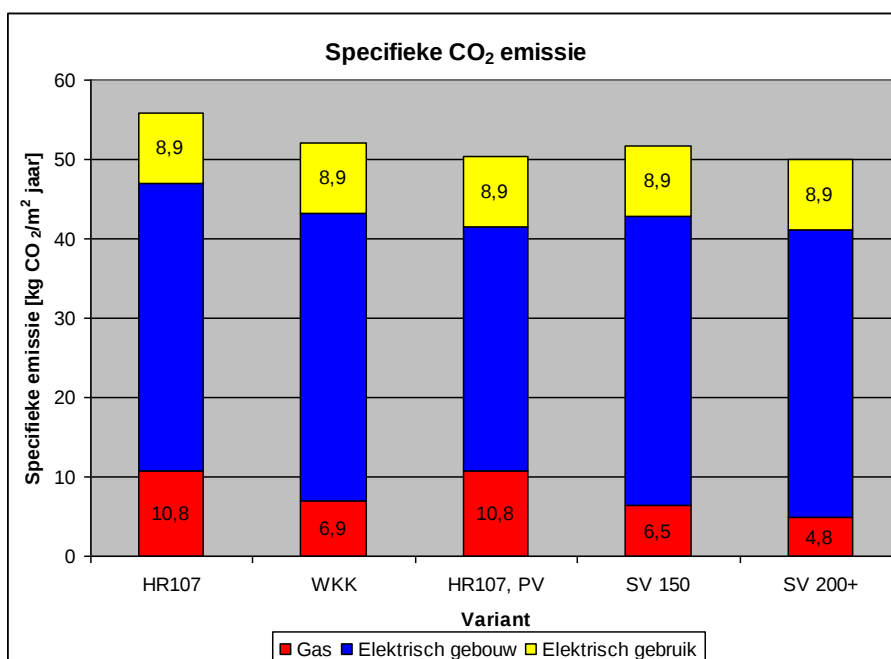
Hieronder wordt een aantal installatievarianten uitgewerkt en de mogelijke EPC-winst wordt in Figuur 4-11 getoond. Figuur 4-12 laat de effecten op de CO₂-emissie zien.

- WKK.
In winkels is toepassing van WKK een interessante mogelijkheid, omdat de opgewekte elektriciteit (vrijwel) geheel in het eigen gebouw kan worden gebruikt, wat energetisch en financieel gunstig is. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van het originele warmteafgiftesysteem, zonder aanpassing naar LT.
Grotere WKK installaties behalen een equivalent opwekkingsrendement van ca 140% (BW), zie bijlage 1. Hiermee wordt het energiegebruik en de emissie voor verwarming met ruim 30% verminderd.
- Zon-PV
Hiervoor geldt hetzelfde als voor kantoren nieuwbouw, zie 4.2.5.
Toepassing van 120 m² PV paneel van het type multikristallijn (90-95 KWh/m² per jaar) per winkel van 816 m² levert een daling van de EPC met 0,07 punt op.
- Warmtenetten
Voor winkels is aansluiting op een collectief warmtenet goed mogelijk. Hiermee kan het primair energiegebruik voor verwarming met meer dan 50% worden verminderd t.o.v. de beste HR ketel.

Met alle varianten wordt met een emissie van 55 kg CO₂/m² of lager aan het emissieplafond van 61 kg CO₂/m² voldaan.



Figuur 4-11. Effect van installatietechnische maatregelen in winkel 1980



Figuur 4-12. Effect van maatregelen in winkel 1980 op CO₂-emissie

4.2.7 Detailhandel (winkel) nieuwbouw

Voor deze winkels is geen expliciete EPC eis gesteld, anders dan de wettelijke eis van 2,6. De forfaitaire emissie bedraagt 82 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte en het plafond 52 kg CO₂/m². Deze waarden komen overeen met 68 kg CO₂/m² BVO resp. 43 kg CO₂/m², bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlakte van 1,2.

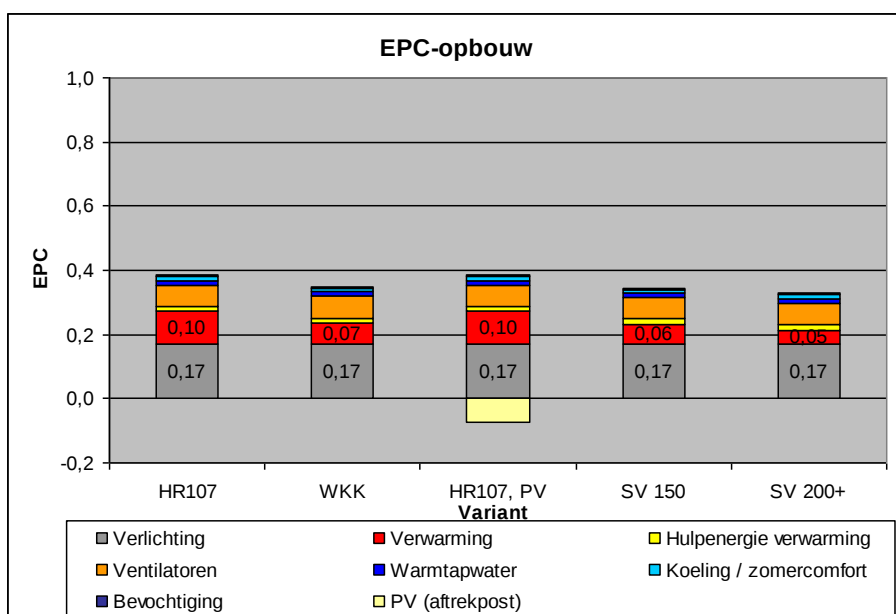
Bouwkundige maatregelen

De bouwkundige maatregelen bestaan uit isolatie op passief niveau en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning.

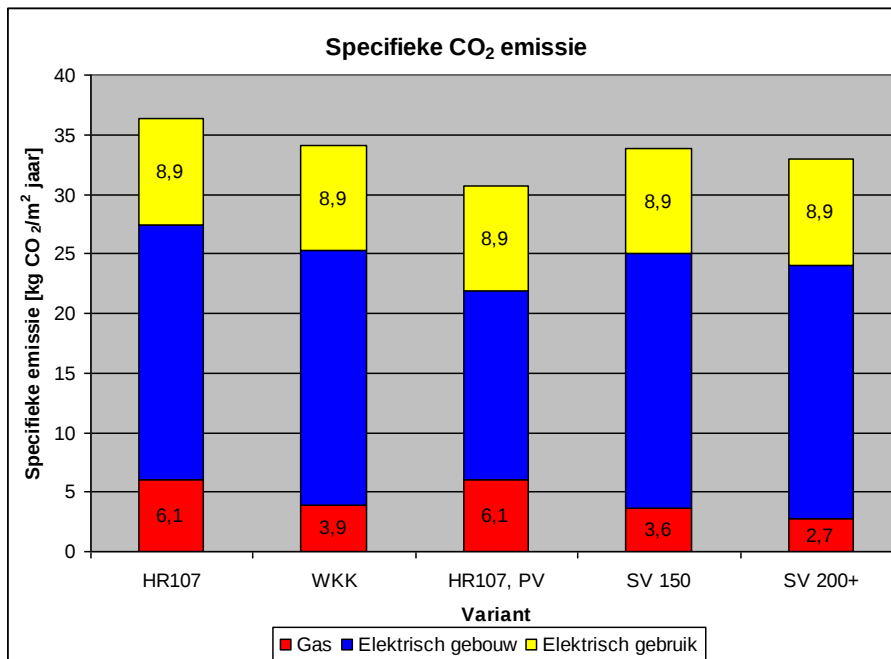
Installatietechnische maatregelen

Zoals uit Figuur 4-11 blijkt is het elektrisch gebruik voor verlichting de grootste post, gevolgd door verwarming en ventilatoren. Deze posten liggen lager dan bij renovatie van een winkel. Voor de installatietechnische voorzieningen is dezelfde aanpak gevolgd als voor de gerenoveerde winkel. De daar gesignaleerde effecten treden ook hier op.

Met alle varianten wordt met een emissie van 37 kg CO₂/m² of lager ruim aan het emissieplafond van 52 kg CO₂/m² voldaan.



Figuur 4-13. Effect van installatietechnische maatregelen in winkel nieuwbouw



Figuur 4-14. Effect van maatregelen in winkel nieuw op CO₂-emissie

4.3 Maatregelenpakket voor 45% reductie op wijkniveau.

Om voor de centrumstedelijke wijk een reductie van de CO₂-emissie van 45% te realiseren is een keuze gemaakt uit de maatregelenpakketten per gebouw, zoals beschreven is in de vorige paragrafen.

Met het hieronder gegeven maatregelenpakket blijkt een CO₂-reductie van 47% te worden behaald. Hierbij is voor bestaande bouw gebruik gemaakt van:

- isolatie zonder groot breekwerk (isolatie+);
- HR-combiketel en DWTW voor woningen;
- WKK en energiezuinige verlichting voor kantoren;
- HR 107 voor winkels.

Voor nieuwbouw zijn de belangrijkste maatregelen:

- isolatie op passief niveau;
- HR-combiketel, DWTW en PV voor woningen;
- Elektrische warmtepomp (EWP) en energiezuinige verlichting voor kantoren;
- HR 107 en energiezuinige verlichting voor winkels

Als een bestaand warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 150% wordt toegepast blijkt een CO₂-reductie van 50% te worden behaald. Hierbij worden verder dezelfde maatregelen toegepast, echter zonder PV in nieuwbouwwoningen.

Voor hetzelfde maatregelenpakket leidt een nieuw warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 200% tot een CO₂-reductie van 52%.

4.4 Doorkijk voor 60% en 80% reductie.

Met het hieronder gegeven maatregelenpakket blijkt een CO₂-reductie van 55% te worden behaald. Hierbij is gebruik gemaakt van dezelfde maatregelen als voor 45%, plus de hieronder vet gemarkeerde aanvullende maatregelen.

Samenstelling	m ² BVO	Gebouwtype	Variant-omschrijving installatie
Portiekwoningen 1950 afbraak	0		
Grondgebonden woningen 1930 renovatie	32.000	Centrumstedelijk woningen	HR 107, HRww top, DWTW, ZonTh
Flats 1990 onderhoud	32.000	Centrumstedelijk gest. bouw	HR 107, HRww top, DWTW, gebruiker
Torens nieuwbouw	90.000	Centrumstedelijk gest. bouw	HR 107, HRww top, DWTW, PV, gebruiker
Kantoren 1960 laagbouw renovatie	5.000	Kantoren	WKK
Kantoren 1960 afbraak	0		
Kantoren nieuwbouw	19.000	Kantoren	EWP
Detailhandel (winkel) 1980	60.000	Winkels	HR107, PV
Detailhandel (winkel) nieuwbouw	30.000	Winkels	HR107, PV

Aanvullend leidt een bestaand warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 150% tot een CO₂-reductie van 60%. Hierbij worden verder dezelfde maatregelen toegepast, echter zonder zon-thermisch in renovatie woningen en met PV op de nieuwbouw kantoren. Als een nieuw warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 200% met verder hetzelfde maatregelenpakket wordt toegepast blijkt een CO₂-reductie van 62% te worden behaald.

Verdere mogelijkheden voor energiebesparing met bestaande technieken zijn:

- renovatie van bestaande bouw op passief niveau – dit is een kostbare ingreep, waarbij de economische haalbaarheid niet simpelweg in terugverdientijden kan worden aangegeven. Wanneer de gehele exploitatie na renovatie (levensduurverlenging, verbetering van de marktwaarde, huurverhoging versus energiebesparing op de langere termijn) in beschouwing wordt genomen, blijken dergelijke kostbare ingrepen ook economisch haalbaar te zijn, zoals de voorbeelden Roosendaal De Kroeven (zie par. 3.2.1) en Ludwigshafen Hoheloogstrasse laten zien;
- nog meer PV – hieraan zijn praktische beperkingen in een centrumstedelijk gebied met hoge bebouwingsdichtheid, met name vanwege beschaduwning;
- hoog rendement pompen en ventilatoren

Voorbeeld: Renovatie van flatwoningen, gebouwd in de jaren '50, tot passiefhuizen.
Ludwigshafen Hoheloogstrasse (Duitsland).

Deze woningen zijn op hoog niveau gerenoveerd tot passiefhuizen. Naast het feit, dat de renovatie voor de bewoners kosten-neutraal is dank zijnde enorme energiebesparing, zijn de woningen ook bijna “nul-energie” woningen. In de verwarming en het warm tapwater wordt voorzien door een blok-wkk, aangedreven door een verbrandingsmotor op biobrandstof. De daken van de woningen zijn voorzien van PV.



In beginsel zijn dus nog verdere besparende maatregelen mogelijk. Tegelijk dient te worden gezien welke combinaties energetisch, economisch en vanuit exploitatie op langere termijn gezien zinvol zijn.

Als bijvoorbeeld de warmtevraag sterk wordt verminderd door zeer goede isolatie en de tapvraag tot ¼ wordt teruggebracht door DWTW en zonneboiler, dan wordt de toepassing van warmtenetten steeds lastiger door de scheve verhouding tussen netverliezen en nuttige warmtevraag.

5. Wederopbouwwijk

5.1 Wijk Samenstelling en ingrepen

In Tabel 5-1 zijn de huidige en toekomstige situatie t.a.v. het vloeroppervlak gegeven

Tabel 5-1 Samenstelling huidige en toekomstige wederopbouwwijk

Type gebouw	Wederopbouwwijk	
	huidig	toekomstig
Flats 1950 onderhoud	16.500	16.500
Portiekwoningen 1950s afbraak	16.500	0
Portiekwoningen 1950s renovatie	33.000	33.000
Grondgebonden woningen nieuwbouw	0	13.500
Kantoren 1960 laagbouw renovatie	1.000	1.000
Kantoren 1960 afbraak	1.000	
Kantoren nieuwbouw		1.000
Scholen 1950s renovatie	750	750
Supermarkt 1950s (winkel)	1.500	1.500

De belangrijkste veranderingen in deze wijk zijn:

- 16.500 m² flats uit de jaren 50 wordt gesloopt en 13.500 m² grondgebonden woningen nieuw gebouwd.
- 1.000 m² kantoorruimte uit de jaren 60 wordt gesloopt en evenveel meters kantoorruimte worden nieuw gebouwd.

Voor woningen en utiliteitsgebouwen die ouder zijn dan 1960 is verondersteld dat de bouwkundige staat wat betreft energiebehoefte gelijk is aan woningen en gebouwen uit 1960. Dit betekent: geen gevelisolatie, geen dak- en vloerisolatie en beperkte aanwezigheid van dubbelglas. De luchtdichtheid van de woningen en gebouwen is beperkt, er is sprake van natuurlijke ventilatie en/of van ventilatie met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer zonder warmteterugwinning. De warmtevoorziening gebeurt met een conventionele CV ketel met apart een warm tapwatertoestel. Er is in woningen geen sprake van mechanische koeling. Bij utiliteitsbouw is soms sprake van mechanische koeling. Supermarkten hebben mechanische productkoeling.

Hieronder wordt voor deze verschillende gebouwen aangegeven welke ingrepen zijn gezien en geselecteerd.

5.2 Maatregelen op gebouwniveau

5.2.1 Flats 1950 onderhoud en portiekwoningen 1950 renovatie

Deze flats en portiekwoningen zijn bouwkundig vergelijkbaar met de flats uit de jaren '90, die hiervoor zijn behandeld. Zie paragraaf 4.2.2.

Omdat het bouwjaar nu in de jaren '50 ligt bedraagt de forfaitaire emissie $54 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ gebruiksoppervlak en het plafond $38 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$.

Dezelfde maatregelen worden genomen met hetzelfde resultaat.

5.2.2 Grondgebonden woningen nieuwbouw

Het gaat hierbij om nieuwbouw en volgens de regeling dient er vanuit gegaan te worden dat hetzelfde gebruiksoppervlak ook in de referentiesituatie aanwezig is met de thans geldende EPC=0,6. De forfaitaire emissie bedraagt $42 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ gebruiksoppervlak.

Voor de toekomstige situatie is volgens de regeling een EPC van 0,4 of lager vereist. De plafondwaarde is $25 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ gebruiksoppervlak.

Bouwkundige maatregelen

De bouwkundige maatregelen bestaan uit isolatie op passief niveau en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning.

Schilkenmerk→ Nieuwbouw woning ↓	Rc [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$]			Uglas [$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$]		Infiltratie [$\text{dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$]
	Gevel	Vloer	Dak	BG	Verdieping.	
Bouwkundige eigenschappen	6,5	6,5	10	0,8	0,8	0,163

Installatietechnische maatregelen

Als vergelijkingsbasis is hier gekozen voor een woning met de modernste HR-combiketel en een LT-afgiftesysteem. Deze HR 107 ketel heeft een opwekkingsrendement van 97,5% (bw) conform de EPN. Voor warm tapwater geldt een jaarrendement van 85% (bw). Tevens wordt een DWTW toegepast. Het hulpenergiegebruik voor verwarming is laag.

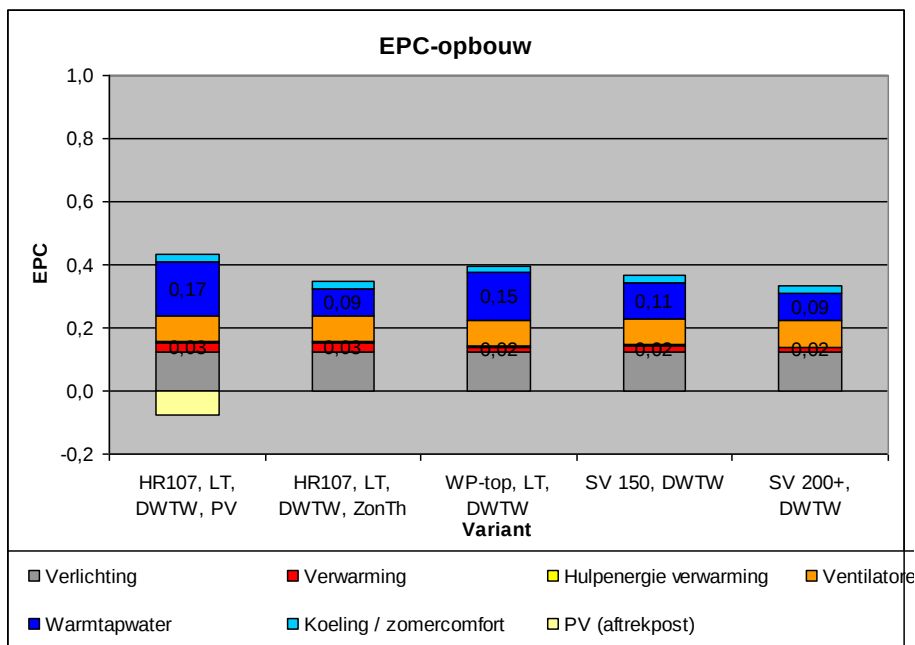
Hieronder wordt een aantal individuele installatievarianten uitgewerkt en de mogelijke EPC-winst getoond. Zie Figuur 5-1.

- Toepassing PV.
Er wordt 5 m^2 PV van het type Multi-kristallijn per woning toegepast.
Er zijn verschillende soorten PV-panelen met verschillende opbrengsten in kWh/m^2 . Hier is gekozen voor multi-kristallijn met een opbrengst van $90\text{--}95 \text{ kWh/m}^2$ per jaar bij een zuid-oriëntatie en onder een hoek van 45° .
Aan de toepassing van een zonnepaneel zijn wel voorwaarden verbonden, zoals een zuid-oriëntatie van het bij voorkeur schuine dak, dat niet beschadwd wordt door omringende bebouwing, hoge bomen, e.d.. Daarom is deze techniek niet overal kunnen worden toegepast.
- Toepassing zon-thermisch
Met een correct gedimensioneerde zonneboiler kan in ca 50% van de warmtapwater behoefte voorzien worden. Voor de toepassing geldt hetzelfde als voor zon PV. Zie vorig punt.

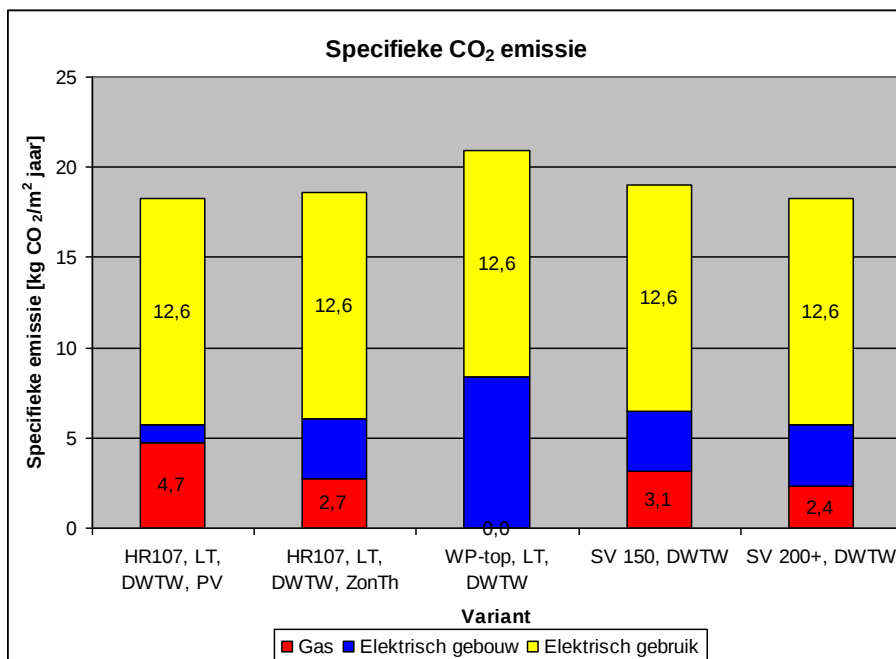
- Individuele warmtepompen met bodemwarmtewisselaar.
Hiermee kan een COP voor verwarming van ca. 5,0 worden behaald.
Voor warmtapwater kunnen verschillende warmtepompen een COP van 2,5 behalen voor warmtapwater.
Daarnaast kan het CV-afgiftesysteem worden gebruikt voor vrije koeling met het koudwatercircuit met een COP van 10. Hierbij wordt tevens de warmtebron gerege-
reerd.
Zoals uit Figuur 5-1 blijkt is de warmtevraag zo gering dat het inzetten van een warm-
tepomp hier relatief weinig energiebesparing oplevert. Een COP van 2,5 voor warm-
tapwater (primaire rendement van 100%) is geen grote verbetering t.o.v. het rendement
van de beste combi-toestellen dat rond 85% ligt. De aanwezigheid van vrije koeling
kan voor woningen in het luxe segment een groot pluspunt zijn.

Voor grondgebonden woningen zijn collectieve installatievarianten goed mogelijk. Het is echter de vraag of het warmteverlies van collectieve warmtenetten nog opweegt tegen het geringe verbruik van de woningen. Voor grondgebonden woningen lijkt het moeilijk een zeer compact net met geringe verliezen aan te leggen, waarbij de hier gegeven equivalente rende-
menten van 150 en 200% worden gerealiseerd. Hiermee kan dan het primaire energiegebruik
voor verwarming en warmtapwater met meer dan 50% worden verminderd t.o.v. de beste HR
combiketel.

Met alle varianten wordt aan de EPC-eis van 0,4 en het emissie-plafond van 25 kg CO₂/m² voldaan. In Figuur 5-1 is de bijdrage van PV aan de EPC “onder de streep” weergegeven, om-
dat deze post in mindering moet worden gebracht op de andere posten.



Figuur 5-1. Effect installatietechnische maatregelen in grondgebonden woningen nieuwbouw op EPC



Figuur 5-2. Effect maatregelen in grondgebonden woningen nieuwbouw op CO₂-emissie

5.2.3 Kantoren 1960

De forfaitaire emissie bedraagt 88 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte en het plafond 67 kg CO₂/m². Deze waarden komen overeen met 73 kg CO₂/m² BVO resp. 56 kg CO₂/m², bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlakte van 1,2.

Dit type kantoren is hiervoor al behandeld onder paragraaf 4.2.4.

5.2.4 Kantoren nieuwbouw

Voor deze kantoren is geen expliciete EPC eis gesteld, anders dan de wettelijke eis van 1,1. De forfaitaire emissie bedraagt 88 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte en het plafond 56 kg CO₂/m². Deze waarden komen overeen met 73 kg CO₂/m² BVO resp. 47 kg CO₂/m², bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlakte van 1,2.

Dit type kantoren is hiervoor al behandeld onder paragraaf 4.2.5.

5.2.5 Scholen 1950 renovatie

De forfaitaire emissie bedraagt 36 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte en het plafond 30 kg CO₂/m². Deze waarden komen overeen met 30 kg CO₂/m² BVO resp. 25 kg CO₂/m², bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlakte van 1,2.

Bouwkundige maatregelen

De bouwkundige maatregelen zijn, zoals bij woningen, gericht op maximale verbetering van de isolatie, zonder ingrijpend breekwerk. De ongeïsoleerde spouwmuren worden gevuld met isolatiemateriaal. Alle vensters worden voorzien van HR++-glas. De daken worden geheel gerenoveerd en van isolatie voorzien. De vloeren worden aan de onderzijde aanvullende geïsoleerd. In de winkels wordt gebalanceerde ventilatie met WTW toegepast.

Installatietechnische maatregelen

Zoals uit Figuur 5-3 blijkt is het elektrisch gebruik voor ventilatoren de grootste post, gevolgd door verwarming en verlichting.

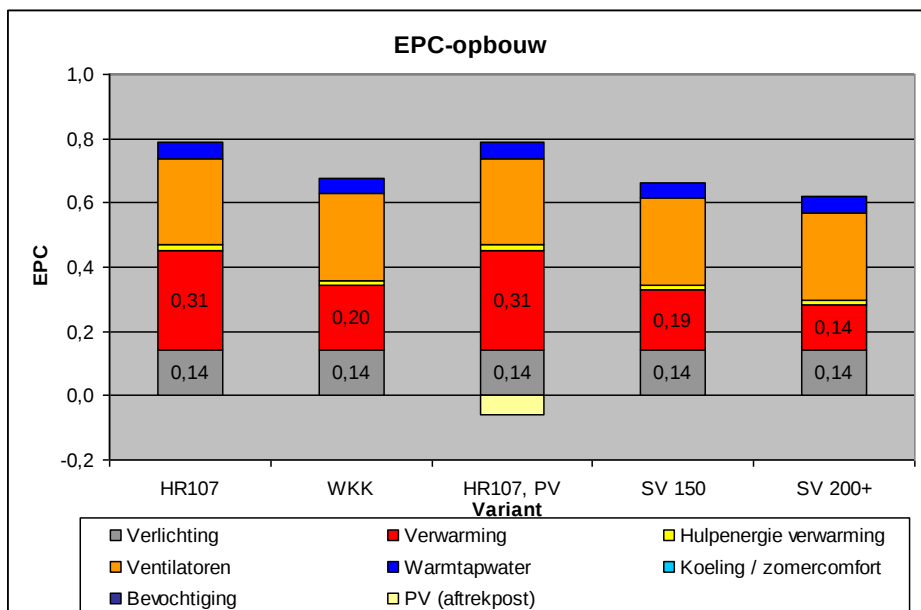
Als vergelijkingsbasis is hier gekozen voor een school met de volgende installatietechnische voorzieningen:

- verwarming met een HR-107 ketel met een opwekkingsrendement van 90% (BW), conform EPN;
- warm tapwater wordt bereid met elektrische boilers met een elektrisch jaarrendement van 80%;
- koeling met compressorkoelers met een COP van 4,0 conform EPN;
- energiezuinige verlichting.

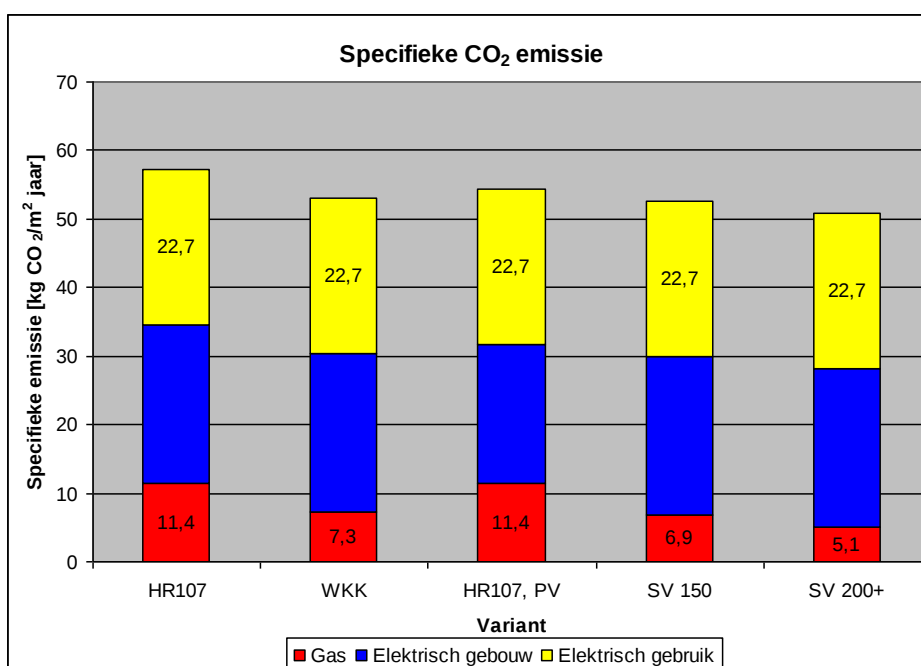
Hieronder wordt een aantal installatievarianten uitgewerkt en de mogelijke EPC-winst getoond.

- WKK
In scholen is toepassing van WKK wellicht een mogelijkheid, omdat de opgewekte elektriciteit (vrijwel) geheel in het eigen gebouw kan worden gebruikt, wat energietisch en financieel gunstig is. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van het originele warmte afgiftesysteem, zonder aanpassing naar LT.
Grotere WKK installaties behalen een equivalent opwekkingsrendement van ca 140% (BW), zie bijlage 1. Hiermee wordt het energiegebruik en de emissie voor verwarming met ruim 30% verminderd.
- Zon-PV
Toepassing van 55 m² PV paneel van het type Multi-kristallijn met een opbrengst van 67 kWh/m² levert een daling van de EPC met 0,05 punt op.
- Warmtenetten
Voor scholen is aansluiting op een collectief warmtenet goed mogelijk. Hiermee kan het primair energiegebruik voor verwarming met meer dan 50% worden verminderd t.o.v. de beste HR-ketel.

Met alle varianten wordt met een emissie van 50 kg CO₂/m² of hoger **niet** aan het emissieplafond van 30 kg CO₂/m² voldaan.



Figuur 5-3. Effect installatietechnische maatregelen in scholen 1950 renovatie op EPC

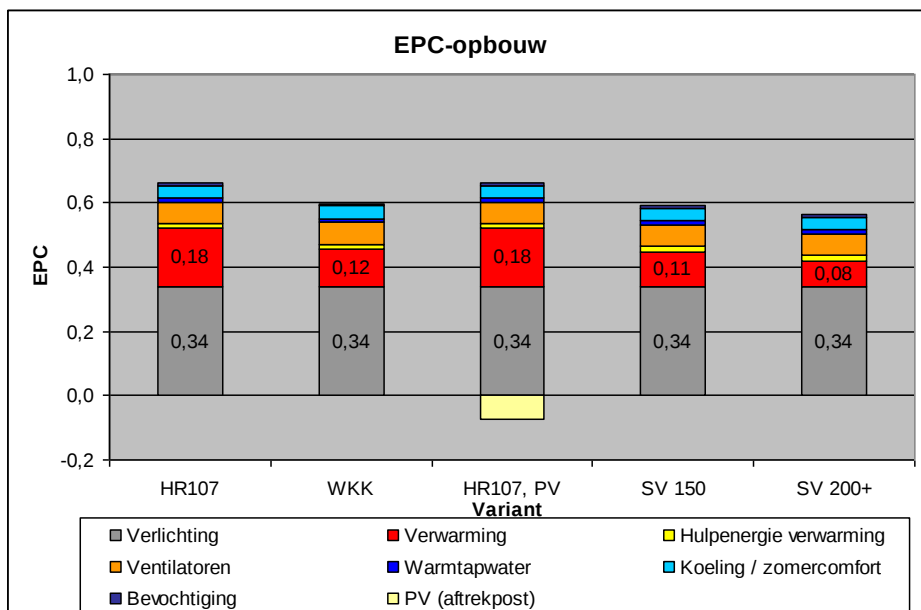


Figuur 5-4. Effect van maatregelen in scholen 1950 renovatie op CO₂-emissie

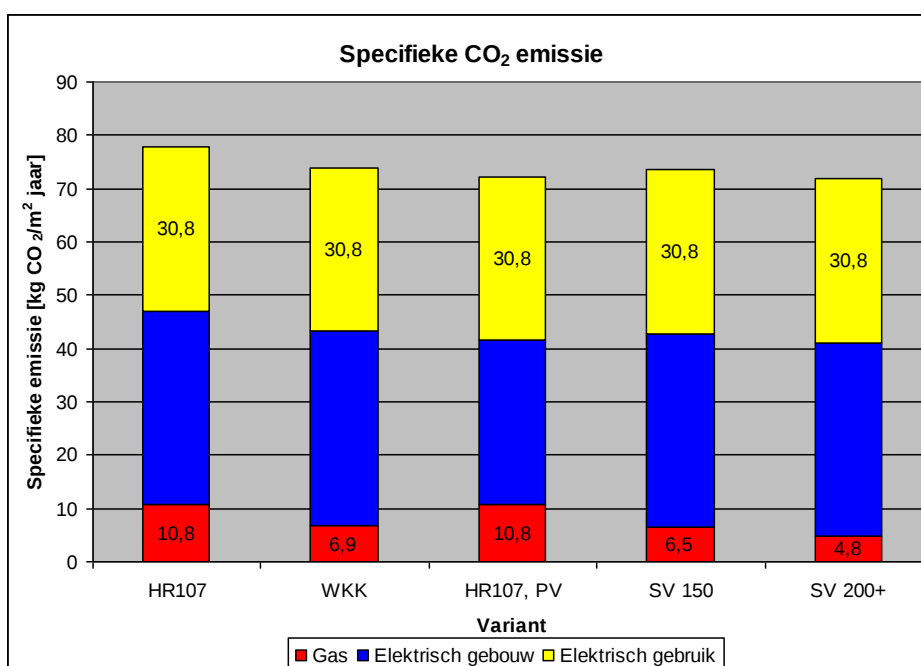
5.2.6 Supermarkt 1980

De forfaitaire emissie bedraagt 82 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte en het plafond 61 kg CO₂/m². Deze waarden komen overeen met 68 kg CO₂/m² BVO resp. 51 kg CO₂/m², bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlakte van 1,2.

De bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor deze supermarkten zijn identiek aan die van winkels 1980 in het centrum, zoals hiervoor behandeld onder paragraaf 4.2.6.



Figuur 5-5. Effect installatietechnische maatregelen in supermarkt 1950 op EPC



Figuur 5-6. Effect maatregelen in supermarkt 1950 op CO₂-emissie

Met alle varianten wordt met een emissie van 72 kg CO₂/m² of hoger **niet** aan het emissieplafond van 51 kg CO₂/m² voldaan. Het elektriciteitsgebruik is zwaar dominant.

5.3 Maatregelenpakket voor 45% reductie op wijkniveau.

Om voor de Wederopbouwwijk een reductie van de CO₂-emissie van 45% te realiseren is een keuze gemaakt uit de maatregelpakketten per gebouw, zoals beschreven is in de vorige paragrafen.

Met het hieronder gegeven maatregelenpakket blijkt een CO₂-reductie van 47% te worden behaald. Hierbij is voor bestaande bouw gebruik gemaakt van:

- isolatie zonder groot breekwerk (isolatie+);
- HR-combiketel en DWTW voor woningen;
- WKK en energiezuinige verlichting voor kantoren;
- HR 107 en PV voor winkels.

Voor nieuwbouw zijn de belangrijkste maatregelen:

- isolatie op passief niveau;
- HR-combiketel en LT afgiftesysteem, DWTW en PV voor woningen;
- Elektrische warmtepomp (EWP) en energiezuinige verlichting voor kantoren.

Als een bestaand warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 150% wordt toegepast blijkt een CO₂-reductie van 52% te worden behaald. Hierbij worden verder dezelfde maatregelen toegepast, echter zonder PV in nieuwbouwwoningen.

Voor hetzelfde maatregelenpakket leidt een nieuw warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 200% tot een CO₂-reductie van 55% te worden behaald.

5.4 Doorkijk voor 60% en 80% reductie.

Met het hieronder gegeven maatregelenpakket blijkt een CO₂-reductie van 56% te worden behaald. Hierbij is gebruik gemaakt van dezelfde maatregelen als voor 45%, plus de hieronder vet gemarkeerde aanvullende maatregelen.

Samenstelling	m2 BVO	Gebouwtype	Variant-omschrijving installatie
Flats 1950 onderhoud	16.500	Wederopbouw gest. bouw	HR 107, HRww top, DWTW, Gebruiker
Portiekwoningen 1950 afbraak	0		
Portiekwoningen 1950 renovatie	33.000	Wederopbouw gest. bouw	HR 107, HRww top, DWTW, Gebruiker
Grondgebonden woningen nieuwbouw	13.500	Wederopbouw woningen	HR107, LT, DWTW, PV
Kantoren 1960 laagbouw renovatie	1.000	Kantoren	WKK
Kantoren 1960 afbraak	0		
Kantoren nieuwbouw	1.000	Kantoren	EWP
Scholen 1950 renovatie	750	Scholen	HR107, PV
Supermarkt 1950 (winkel)	1.500	Supermarkten	HR107, PV

Als een bestaand warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 150% wordt toegepast blijkt een CO₂-reductie van 63% te worden behaald. Hierbij worden verder dezelfde maatregelen toegepast, echter met PV in nieuwbouw kantoren.

Met een nieuw warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 200% kan een CO₂-reductie van 66% worden behaald.

Zoals reeds besproken in hoofdstuk 4 zijn de mogelijkheden voor verdere energiebesparing met bestaande technieken beperkt.

6. Bloemkoolwijk

6.1 Wijk Samenstelling en ingrepen

In Tabel 6-1 zijn de huidige en toekomstige situatie t.a.v. het vloeroppervlak gegeven.

Tabel 6-1 Samenstelling huidige en toekomstige bloemkoolwijk

Type gebouw	Bloemkoolwijk	
	huidig	toekomstig
Grondgebonden woningen 1970 groot onderhoud	40.000	40.000
Scholen 1970s groot onderhoud	750	750
Detailhandel (winkel) nieuwbouw	0	3.000
Supermarkt 1970s (winkel)	3.000	3.000

De belangrijkste verandering in deze wijk is:

- 3.000 m² winkelruimte wordt nieuw gebouwd.

Hieronder wordt voor deze verschillende gebouwen aangegeven welke ingrepen zijn gezien en geselecteerd.

6.2 Maatregelen op gebouwniveau

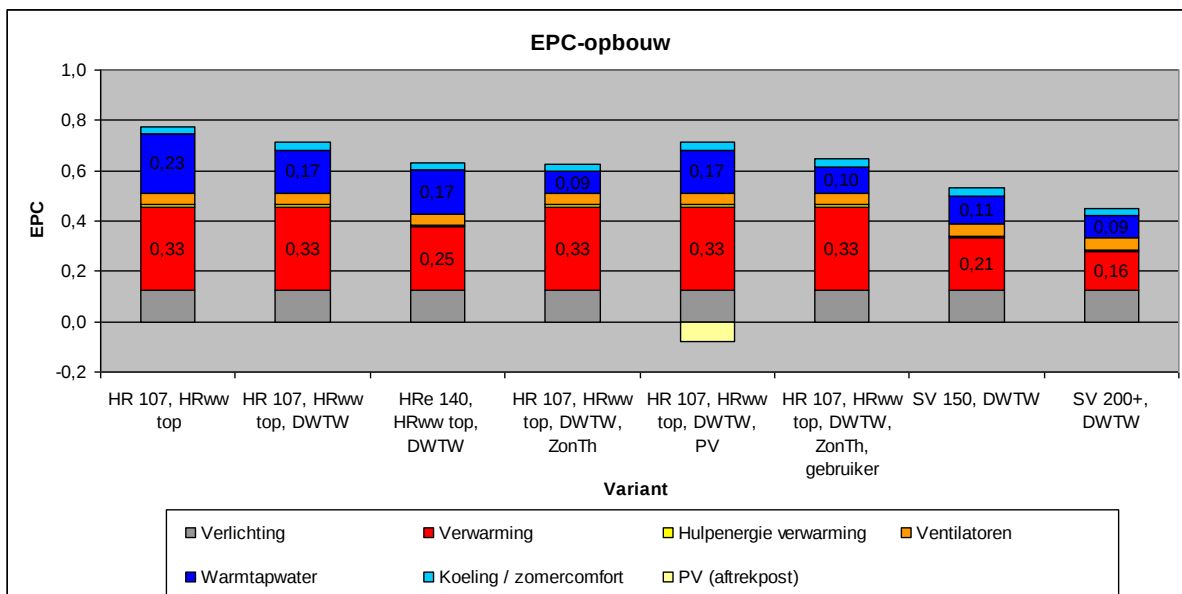
6.2.1 Grondgebonden woningen 1970 groot onderhoud

Deze woningen zijn bouwkundig redelijk vergelijkbaar met de grondgebonden woningen uit 1930, gerenoveerd in de jaren '60, die hiervoor zijn behandeld onder paragraaf 4.2.1.

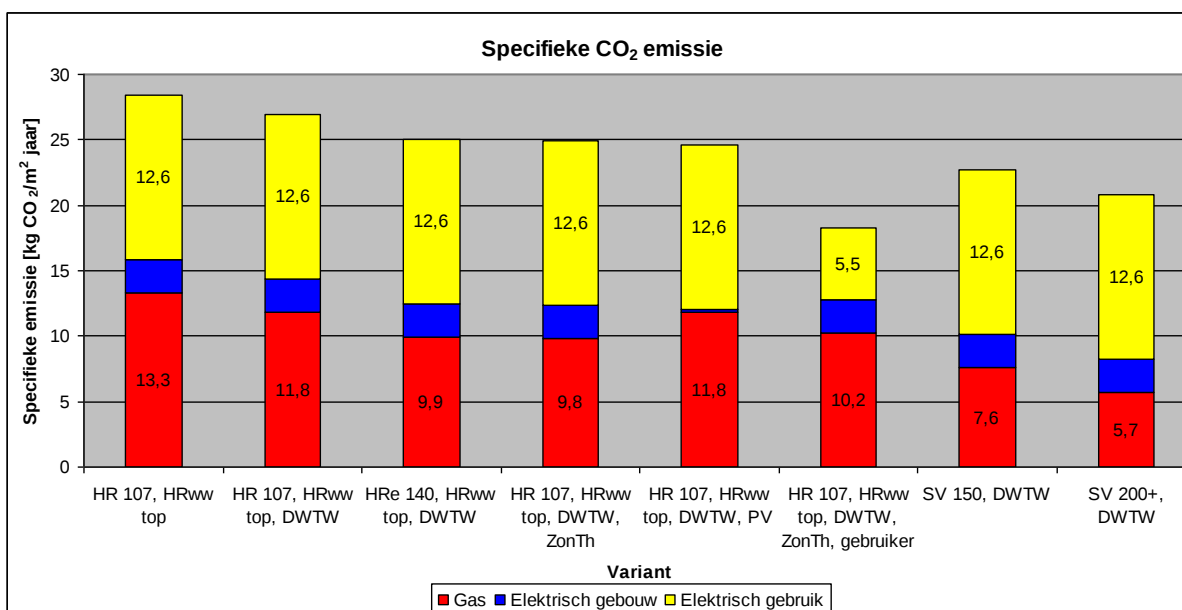
Omdat het bouwjaar nu in de jaren '70 ligt bedraagt de forfaitaire emissie 49 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte en het plafond 34 kg CO₂/m².

Hiervoor worden dezelfde maatregelen genomen met vergelijkbaar resultaat.

Met alle varianten wordt aan het emissie-plafond van 34 kg CO₂/m² voldaan.



Figuur 6-1. Effect installatietechnische maatregelen in grondgebonden woningen 1970 op EPC



Figuur 6-2. Effect van maatregelen in grondgebonden woningen 1970 op CO₂-emissie

6.2.2 Scholen 1970

Deze scholen zijn bouwkundig redelijk vergelijkbaar met de scholen uit 1950, die hiervoor zijn behandeld onder paragraaf 5.2.5.

De forfaitaire emissie bedraagt 36 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte en het plafond 30 kg CO₂/m². Deze waarden komen overeen met 30 kg CO₂/m² BVO resp. 25 kg CO₂/m², bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlakte van 1,2.

Met alle varianten wordt met een emissie van 50 kg CO₂/m² of hoger **niet** aan het emissieplafond van 30 kg CO₂/m² voldaan. In onderstaande figuur is de bijdrage van PV aan de EPC

“onder de streep” weergegeven, omdat deze post in mindering moet worden gebracht op de andere posten.

6.2.3 Detailhandel (winkel) nieuwbouw

Deze winkels zijn vergelijkbaar met de nieuwbouw winkels, die zijn behandeld onder paragraaf 4.2.7.

De forfaitaire emissie bedraagt 82 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte en het plafond 52 kg CO₂/m². Deze waarden komen overeen met 68 kg CO₂/m² BVO resp. 43 kg CO₂/m², bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlakte van 1,2.

Met alle varianten wordt met een emissie van 37 kg CO₂/m² of lager ruim aan het emissieplafond van 52 kg CO₂/m² voldaan.

6.2.4 Supermarkt 1970

De forfaitaire emissie bedraagt 82 kg CO₂/m² gebruiksoppervlakte en het plafond 61 kg CO₂/m². Deze waarden komen overeen met 68 kg CO₂/m² BVO resp. 51 kg CO₂/m², bij een verhouding BVO/gebruiksoppervlakte van 1,2.

De bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor deze supermarkten zijn identiek aan die van winkels 1950 in het centrum, zoals hiervoor behandeld onder paragraaf 4.2.6 en de supermarkt uit 1980 (paragraaf 5.2.6).

6.3 Maatregelenpakket voor 45% reductie.

Om voor de Bloemkoolwijk een reductie van de CO₂-emissie van 45% te realiseren is een keuze gemaakt uit de maatregelenpakketten per gebouw, zoals beschreven is in de vorige paragrafen.

Met het hieronder gegeven maatregelenpakket blijkt een CO₂-reductie van 45% te worden behaald. Hierbij is voor bestaande bouw gebruik gemaakt van:

- isolatie zonder groot breekwerk (isolatie+);
- HR-combiketel, DWTW en PV voor woningen;
- HR 107 en PV voor winkels.

Voor nieuwbouw zijn de belangrijkste maatregelen:

- isolatie op passief niveau, HR 107 en PV voor winkels.

Als een bestaand warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 150% wordt toegepast blijkt een CO₂-reductie van 48% te worden behaald. Hierbij worden verder dezelfde maatregelen toegepast, echter zonder PV in nieuwbouwwoningen.

Met een nieuw warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 200% is een CO₂-reductie van 51% te halen.

6.4 Doorkijk voor 60% en 80% reductie.

Met het hieronder gegeven maatregelenpakket blijkt een CO₂-reductie van 55% te worden behaald. Hierbij is gebruik gemaakt van dezelfde maatregelen als voor 45%, plus de hieronder vet gemarkeerde aanvullende maatregelen.

Samenstelling	m2 BVO	Gebouwtype	Variant-omschrijving installatie
Grondgebonden woningen 1970 groot onderhoud	40.000	Bouwgolf '70 '80 woningen	HR 107, HRww top, DWTW, ZonTh, gebruiker
Scholen 1970s groot onderhoud	750	Scholen	HR107
Detailhandel (winkel) nieuwbouw	3.000	Winkels	HR107, PV
Supermarkt 1970s (winkel)	3.000	Supermarkten	HR107, PV
Totaal BVO	46.750		

Als een bestaand warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 150% wordt toegepast blijkt een CO₂-reductie van 63% te worden behaald. Hierbij worden verder dezelfde maatregelen toegepast, echter zonder zonneboilers in de woningen.

Als een nieuw warmtenet met een equivalent opwekkingsrendement van 200% wordt toegepast blijkt een CO₂-reductie van 67% te worden behaald.

Zoals reeds besproken in hoofdstuk 4 zijn de mogelijkheden voor verdere energiebesparing met bestaande technieken beperkt.

7. Slotopmerkingen

Aanpak algemeen

- Pas de Trias Energetica altijd toe. Denk bij verbeteringen en wijzigingen vanuit de kern van de vraag, niet vanuit het aanbod.
- Het is aan te raden om warmtevoorziening primair vanuit de (gereduceerde) vraagzijde te benaderen. Perspectief in relatie tot kosten en prijs: In de toepassing van duurzame bronnen (die een grote reducerende werking hebben) spelen twee belangrijke punten; 1) de inschatting van de kosten ten aanzien van de warmtevraag (wat zijn echt kosten en wat heeft een prijs) en 2) de ontkoppeling van ruimte verwarming en verwarming van tapwater is meer opportuun.
- Benut het renovatiemoment optimaal. Isoleer bij gevelvervanging op niveau van passiefhuis. Bij dakrenovatie is plaatsing van zonnepanelen mogelijk en andersom.
- In het reduceren van het energieverbruik zijn een aantal opportune combinaties te maken met andere maatregelen die vanuit het handelingsperspectief duurzaamheid kunnen/moeten worden gedaan. Zoals de wateropgave nu dwingt tot meer ruimte voor water die tegelijkertijd kan dienen als opslag van warmte.
- Een kwalitatief goede gebouw/woningschil (isolatie van gevels, daken, vloeren, vensters) is vaak moeilijk realiseerbaar bij beperkte renovaties door de toegepaste constructie en werkwijze. Benut daarom deze mogelijkheid altijd wanneer wél ingrijpend wordt gerenoveerd.
- Indien warmtedistributie aanwezig is, benut dan de mogelijkheden om duurzame warmte in te zetten.
- Het toepassen van duurzame energiebronnen is van nature extensief, dat wil zeggen dat relatief grote oppervlakken voor winning nodig zijn. In de studie 'De Kleine Energieatlas' van H+N+S Landschapsarchitecten is de ruimtelijke impact van energiewinning (en belasting) mooi naast elkaar gezet. In deze atlas wordt overigens ook heel beeldend de uitstoot van CO₂ van de verschillende energietypen neergezet. Voor zon is dus een behoorlijk oppervlak PV nodig en voor wind zijn er nog geen geschikte molens voor het stedelijke gebied. De duurzame bronnen WKO en geothermie zijn qua ruimte beslag vergelijkbaar met die van fossiele bronnen. Voor deze opgave moet dus slim meervoudig ruimtegebruik worden toegepast en aansluiting met andere opgaven. Een kansrijke combinatie voor de opslag van energie is gelegen in het wateroppervlak. Omdat het hydrologische systeem met het klimaat veranderd, is er voor een juist watersysteem meer berging in oppervlakte water noodzakelijk. Deze plassen kunnen uitstekend als energieopslag gebruikt worden, zoals dat bijvoorbeeld wordt gedaan in Den Bosch.
- Warmtedistributie is niet automatisch duurzaam. Veel hangt af van de aard van de warmtebronnen, het bijstook percentage van hulpketels, de bijstook bron en de kwaliteit en de aard van de WKK installaties. Daarbij komt, dat de equivalente rendementen niet alleen afhankelijk zijn van de installaties, maar ook hoe er mee om wordt gegaan.
- Warmtedistributie kan hierdoor zowel minder energieuw zijn als traditionele systemen, als vele malen zuiniger. Ga altijd na wat de werkelijke specifieke CO₂ uitstoot van de netto geleverde warmte is (kg CO₂ per GJ). Vooral bij geringe warmte afname, relatief grote afstanden en constante hoge nettemperatures (tapwater) is dit een punt van voortdurende aandacht.

- Houd rekening met het feit dat traditioneel bewonersgedrag vaak extra (infrastructuur) capaciteit vraagt ten opzichte van het (ideale) energiezuinige gedrag, zowel wat betreft warmte als elektriciteit.
- Bereid bewoners goed voor op woningen met niet-traditionele energievoorziening, apparaten en besturingsinstrumenten. Een 'nieuwe' woning met 'oude' stookcultuur bedreven leidt vaak tot problemen.
- Het is gewenst dat de bewoner wordt ondersteund om zijn elektriciteitsgebruik te verminderen door voorlichting en door het aanschaffen van energiezuinige apparaten en verlichting. Ook energiebesparende domotica (aanwezigheidsdetectie, daglichtregeling, etc.) kan bijdragen. Beïnvloeding van het gebruikersgedrag is relatief goedkoop en is absoluut nodig om bij renovatie de voortgezette sprong naar 60 tot 80 % reductie te bereiken.
- Het stimuleren van de ontwikkeling en afzet van zeer zuinige apparatuur is een belangrijk hulpmiddel om CO₂ reductie te bereiken. Dit geldt ook voor domotica die zuinig gebruikersgedrag ondersteunt, zowel actief als passief.
- Houdt rekening met het feit dat met name in het EPC-waarde gebied 0 tot 0,5 de invloed van het bewonersgedrag dominant is in het energieverbruik en dus in de CO₂ uitstoot.

Infrastructuur

- In Den Haag is de eerste toepassing van geothermie op stedelijk gebied te vinden. Voorwaarden voor deze duurzame warmtebron is de vraag van minimaal 2000 huishoudens en de ontkoppeling van warmte voor ruimteverwarming en tapwater. Dat laatste heeft door de regelgeving omtrent legionella een hogere temperatuur nodig en het bleek duurzamer om deze te ontkoppelen van lagere temperatuur van de ruimteverwarming. De aanleg van een geothermie systeem biedt daarnaast mogelijk een optie tot het oplossen van CO₂ in het retourwater, waarmee het CO₂ effect substantieel verhoogd kan worden [45]. Geothermie kan bovendien ingezet worden als bron voor een elektriciteitscentrale.
- Een All Electric infrastructuur is waarschijnlijk pas aantrekkelijk wanneer er lokaal voldoende duurzame elektriciteit kan worden opgewekt en het elektriciteitsgebruik zover is teruggedrongen door zeer zuinige apparatuur (waaronder warmtepompen) en 'smart grids' dat netverzwaring achterwege kan blijven.
- Om een volledig duurzame energiehuishouding te realiseren is het nodig dat de bron waaruit de infrastructuur put ook duurzaam is. Voor warmte is dit biomassa, geothermie en (opgeslagen) zonnewarmte. Voor elektriciteit is dit zon, wind en biomassa. De aardgasinfrastructuur is waarschijnlijk het moeilijkst te verduurzamen door de beperkte beschikbaarheid van lokaal winbare biomassa die goed in groen gas is om te zetten.
- Door besparingen op elektriciteit wordt niet alleen energie en CO₂ bespaard, maar kan wellicht ook netverzwaringen worden uitgesteld. De toepassing van zgn 'smart grids' kan dit uitstel ondersteunen.
- Voortgaande electrificering van het energiegebruik en de toepassing van warmtepompen maakt het mogelijk om met inzet van duurzame elektriciteitsopwekking (wind, zon, biomassa) een volledig energieneutrale wijk te creëren.

Woning- en gebouwniveau

- In vrijwel alle gevallen is een bottom-up benadering waarbij eerst de energievraag op gebouwniveau wordt geminimaliseerd zowel energetisch als economisch optimaal.

Dit stopt op het moment dat – voor de eindgebruiker - investeringen in reductie per eenheid afgenomen energie hoger zijn dan duurzame energievoorziening met gelijk effect.

- Door de bouwkundige en installatietechnische maatregelen maakt het in woningen met een goede isolatiegraad vrijwel niet meer uit of aardgas CV ketels of warmtepompen worden ingezet. Dit wordt veroorzaakt door het relatief grote tapwater aandeel in de warmtevraag. Warmtepompen hebben bij de gevraagde tapwatertemperaturen geen energie en CO₂ voordeel meer. De CO₂ impact van warmtepompen en CV ketels kunnen hierdoor door dezelfde hoeveelheid lokale duurzame opwekking (PV) worden gecompenseerd.
- Voor een huishouden is de prijsverhouding Elektriciteit/aardgas op MJ basis ongeveer 3,5. Een warmtepomp dient dus tenminste deze verhouding als Seasonal Performance Factor (SPF) te bezitten om cash flow te genereren om de meerinvestering terug te verdienen. Dit is uiteraard minder aan de orde als er sprake is van een geringe meerinvestering.
- Door de koudevraag in de utiliteitsbouw, vanwege de vereiste comfortcondities, is de toepassing van warmtepompen daar eerder voor de hand liggend dan in de woningbouw

8. Literatuur

- [1] NEN 5128: 2004/A1:2008 Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen – bepalingsmethode, inclusief wijzigingsblad A1: 2008, NNI Delft 2004,2008.
- [2] NEN 2916: 2004 Energieprestatie van Utiliteitsgebouwen – Bepalingsmethode, NNI, Delft, 2004
- [3] NPR 5129 EPW voor Windows versie 2.1 is gebaseerd op NEN 5128, NNI Delft, 2008
- [4] NPR 2917 EPU voor Windows is gebaseerd op NEN 2916, NEN, Delft, 2008.
- [5] Ontwerp NEN 7120: 2009 Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode NNI, Delft
- [6] Uniforme maatlat voor de warmtevoorziening in de woning- en utiliteitsbouw, versie 2.2, 21 juni 2010, Agentschap NL.
- [7] Variantenstudie energie-infrastructuur voor gebouwen met het rekentool EMG, J. van Wolferen TNO rapport 034-APD-2010-00418, November 2009.
- [8] Prachtig compact.NL Advies van het College van Rijksadviseurs, een studie van de werkgroep Binnenstedelijk bouwen, januari 2010. Deel 1: visie
- [9] Berghauser Pont, MY, & **Haupt**, PA (2005). The Spacemate: density and the typomorphology of the urban fabric. Nordic journal of architectural design.
- [10] BSP (2009) Evaluatie sleutelprojecten. Bureau Stedelijke Planning, Gouda.
Brandes, E., Stedebouwkundige inrichting nieuwbouwwijken, Studierapport Rijksplannologische Dienst, Den Haag 1981
- [11] Boer, J.D. de (2010) Beter kijken naar wijken Ruimtevolk 20/10/2010
- [12] CBS (2010)
<http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=71527ned&D1=5-10&D2=a&HD=101129-1331&HDR=T&STB=G1>
- [13] Energieneutraal Bouwen, Hoe doe je dat, AgentschapNL, 4 oktober 2010-12-29
- [14] Rigoreus Renovatieconcepten voor 75 % energiebesparing, ECN, TNO, TU delft en DHV, februari 2010.
- [15] Schatgraven in de bestaande bouw, Onderzoekresultaten en aanbevelingen, april 2010, Bouwhulpgroep B.08.097
- [16] Consumentenonderzoek lente akkoord, Laure Itard et al. 30 September 2009, TU Delft

- [17] Stevige ambities, Klare Taal, PeGo, Definiëring van doelstellingen en middelen bij energieneutrale, CO2 neutrale of klimaatneutrale projecten in de gebouwde omgeving, oktober 2009.
- [18] Cijfers en tabellen 2007, Senternovem
- [19] Warmte in Nederland, Warmte- en koudenetten in de praktijk, Klaas de Jong,
- [20] Quickscan zeer energiezuinige woningen in Nederland, Robert de Smidt, juni 2008, in opdracht van PeGo.
- [21] Eindrapport Implementatietraject ‘Naar een duurzame voorraad, W/E adviseurs, December 2009, G32 gemeenten Nederland.
- [22] Referentiewoningen nieuwbouw, Senternovem.
- [23] Toolkit duurzame woningbouw, 2^e editie, BAM vastgoed, December 2006
- [24] Toolkit duurzame woningbouw, tabellen realistische energieconcepten, 2^e editie , 2006
- [25] Toolkit bestaande bouw, duurzame woningverbetering, algemeen, BAM vastgoed, 2009.
- [26] Toolkit bestaande Bouw, rijwoning 1946, rijwoning 1946-1965, rijwoning 1966-1975, BAM vastgoed, 2009.
- [27] Toolkit bestaande woningbouw, duurzame woningverbetering, portiekwoning voor 1966, galerijwoning 1966-1988, BAM vastgoed, 2009.
- [28] Passiefhuizen in Nederland, Chiel Boonstra, Builddesk, 2006
- [29] De zon in stedenbouw en architectuur, SenterNovem, DV1.1.136
- [30] Handleiding passiefhuizen voor installateurs en energieadviseurs, Chiel Boonsta et.al., Intelligent Energy, PEP Promotion of European Passive Houses, www.europeanpassivehouses.org.
- [31] Op tijd voorsorteren, DO-it team Palenstein, 8 juni 2009, o.a. DWA en Stork-air.
- [32] Passiefhuis en EPN, Onderzoek naar de waardering van passiefhuizen volgens EPN en PHPP, Chiel Boonstra et al, ECN-e-09-054, augustus 2009.
- [33] PeGo Conceptlijn Exergiewoning, Caubergh Huygen, Lowexnet, 2007
- [34] Den haag primeur met aardwarmtewoning, Endre Timar, 6 juli 2010.
- [35] Hybride energie aanpak in Amsterdam-Noord, Endre Timar, 21 juli 2010

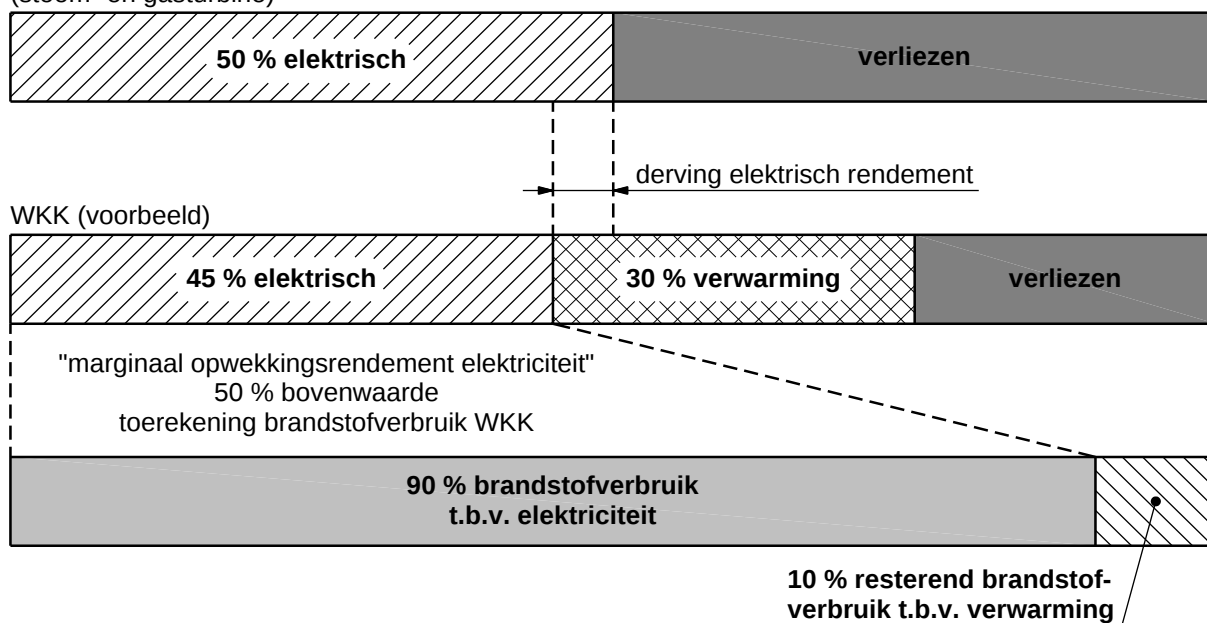
- [36] IJburg wil intelligent elektriciteitsnet, Endre Timar, 24 augustus 2010
- [37] Publiekprivaat warmtebedrijf in delft, Endre Timar, 13 december 2010
- [38] Zuidplaspolder weeft energieweb, Endre Timar, 10 november 2010
- [39] REAP< Towards CO₂ neutral urban development, Andy van den Dobbelsteen, et.al. April 2009.
- [40] PeGo Conceptlijn Actieve passiefscholen, 2009
- [41] Energiedata utiliteitsbouw 2008, SenterNovem, 3 augustus 2009
- [42] Decentrale energievoorziening onder lokaal beheer, IST, 2009
- [43] Alleen voldoende aandacht garandeert succes, Hybride lucht-water warmtepompen: potentieel en toepasbaarheid, Rob ter Steeg en Theo Thijssen, V+V+, december 2010.

Bijlage 1 Equivalent opwekkingsrendement WKK

Om de energieprestatie van WKK met andere typen warmteopwekking te kunnen vergelijken, kan gebruik worden gemaakt van het equivalente opwekkingsrendement.

Het opwekkingsrendement van gebouwgebonden WKK en microWKK is gelijk aan het equivalente rendement, zijnde het rendement van warmteopwekking op bovenwaarde, met verrekking van de opgewekte elektriciteit met de dimensieloze primaire energiefactor voor op eigen perceel geproduceerde en op eigen perceel gebruikte energie, voor elektriciteit.

Elektriciteitsopwekking zonder warmtelevering
(stoom- en gasturbine)



Equivalent opwekkingsrendement verwarming van 300 % (= 30 / 10) op bovenwaarde

Illustratie bepaling equivalent opwekkingsrendement voor WKK, hier met een marginaal opwekkingsrendement elektriciteit van 50 % op bovenwaarde

Hierbij wordt alleen de elektriciteit verrekend die wordt opgewekt bij een warmtevraagvolgende bedrijfsvoering van de WKK.

Voor het opwekkingsrendement van gebouwgebonden WKK en microWKK, $\eta_{H;gen}$, gelden de rekenwaarden van het equivalente rendement, $\eta_{H;gen;equiv;chp}$, volgens tabel K.1.

Tabel K.1 — Forfaitaire waarden voor het thermisch en elektrisch omzettingsgetal en het equivalente opwekkingsrendement, bepaald met een marginaal opwekkingsrendement elektriciteit van 50% op bovenwaarde

Bouwjaar WKK	Tot en met 2006			Na 2006				
Elektrisch vermogen P_e van warmtekrachtinstallatie	$\varepsilon_{\text{chp;th}}$	$\varepsilon_{\text{chp;el}}$	$\eta_{\text{H;gen;equiv;chp}}$	$\varepsilon_{\text{chp;th}}$	$\varepsilon_{\text{chp;th}}$	$\varepsilon_{\text{chp;el}}$	$\eta_{\text{H;gen;equiv;chp}}$	$\eta_{\text{H;gen;equiv;chp}}$
	—	—	—	LT ^a	HT	—	LT ^a	HT
$P_e \leq 2 \text{ kW}$	n.v.t.	n.v.t.	—	0,86	0,86	0,05	0,956	0,956
$P_e \leq 2 \text{ kW}$ volgens HRe ^b	n.v.t.	n.v.t.	—	0,86	0,86	0,10	1,075	1,075
$2 \text{ kW} < P_e \leq 20 \text{ kW}$	0,57	0,26	1,188	0,57	0,55	0,28	1,295	1,250
$20 \text{ kW} < P_e \leq 200 \text{ kW}$	0,54	0,27	1,174	0,51	0,49	0,30	1,275	1,225
$200 \text{ kW} < P_e \leq 500 \text{ kW}$	0,50	0,32	1,389	0,52	0,50	0,32	1,444	1,389
$500 \text{ kW} < P_e \leq 1\,000 \text{ kW}$	0,44	0,35	1,467	0,46	0,44	0,35	1,533	1,467
$1\,000 \text{ kW} < P_e \leq 25 \text{ MW}$	0,40	0,36	1,429	0,41	0,39	0,37	1,577	1,500
^a De scheiding tussen LT en HT is gesteld op een aanvoertemperatuur van 55°C. Verder wordt verwezen naar de EPN, NEN 5128. Het van toepassing zijn van LT moet bijvoorbeeld met de ontwerpgegevens worden aangetoond. ^b MicroWKK met Gaskeur HRe label								

Deze waarden voor het equivalente rendement $\eta_{\text{H;gen;equiv;chp}}$ zijn exclusief bijstook, pompverbruik en distributieverliezen.

Voor afwijkende waarden van het thermisch en elektrisch omzettingsgetal wordt het equivalente rendement bepaald volgens:

$$\eta_{\text{H;gen;equiv;chp}} = \frac{\varepsilon_{\text{chp;th}}}{1 - \varepsilon_{\text{chp;el}} \times f_{\text{P;pr;us;el}}} \quad (\text{K.1})$$

waarin:

- $\varepsilon_{\text{chp;th}}$ is het dimensieloze jaargemiddelde thermisch omzettingsgetal van de warmtekrachtinstallatie;
- $\varepsilon_{\text{chp;el}}$ is het dimensieloze jaargemiddelde elektrisch omzettingsgetal van de warmtekrachtinstallatie;
- $f_{\text{P;pr;us;el}}$ is de dimensieloze primaire energiefactor voor op eigen perceel geproduceerde en op eigen perceel gebruikte energie, voor elektriciteit.
De waarde is 2,56, wat overeenkomt met een elektrisch opwekkingsrendement van 39% op bovenwaarde.

Bijlage 2: Berekeningen op gebiedsniveau op basis van EMG

Gebiedsmaatregelen worden in dit voorbeeldenboek beperkt tot collectieve warmtenetten. Deze worden hieronder uitgewerkt voor twee situaties:

- gebieden zonder gebiedsinfrastructuur;
- gebieden met een traditionele gebiedsinfrastructuur (collectief warmtenet 90/70).

Het equivalent opwekkingsrendement van de warmtenetten omvat het primair energiegebruik van de verschillende warmtebronnen van het warmtenet, de verliezen van het distributiesysteem en het hulpenergiegebruik [7]

Gebieden zonder gebiedsinfrastructuur

In gebieden zonder gebiedsinfrastructuur is relatief veel vrijheid om nieuwe gebiedsmaatregelen te realiseren. Hiervoor is de volgende mogelijkheid uitgewerkt.

Collectieve warmtenetten kunnen warmte leveren voor verwarming en warm tapwater bereiding. Hierop kunnen in principe de bestaande distributie- en afgiftesystemen voor verwarming worden aangesloten. Dit is het eenvoudigste bij bestaande bouw met blokverwarming. Aansluiting van individuele woningen vereist de nodige aanpassingen per woning.

Voor de warmtapwaterbereiding zijn twee mogelijkheden:

- via een warmtewisselaar in een afleverzet (toepassing per individuele woning);
- via een warmtewisselaar en een collectief circulatiesysteem in het pand (toepassing in gestapelde bouw, ziekenhuizen, hotels, e.d.).

Voor warmtapwaterbereiding is tenminste een aanvoertemperatuur van 70°C vereist. Moderne warmtenetten zijn op 70/40 uitgelegd om de verliezen te minimaliseren. Dit vereist een maximale aanvoertemperatuur voor verwarming van 70°C.

In woningen en gebouwen die voor ca. 2000 zijn gebouwd is een ontwerp temperatuur van 90/70 gangbaar. Dit betekent dat netten van 70/40 uitsluitend mogelijk zijn als alle aangesloten gebouwen hiervoor geschikt zijn (gemaakt). Anders dient een net op 90/70 te worden toegepast.

Warmtenetten zijn energetisch alleen de moeite waard als warmte opwekkers met een rendement ruim boven 100% of restwarmte als hoofd-opwekker wordt toegepast, aangevuld met bijstook ketels. Hiermee komen de volgende warmte opwekkers in aanmerking:

- aansluiting op bestaand SV-net dat door een STEG wordt gevoed (bv. Rotterdam, Utrecht);
- aansluiting op bestaand SV-net dat door een AVI-STEG wordt gevoed (bv. Amsterdam);
- onderdeel van nieuw SV-net dat door geothermie wordt gevoed (bv. Den Haag);

De varianten met WKK en STEG kunnen(deels) worden gestookt met biobrandstof. Daarnaast kan biobrandstof worden toegepast in ‘gewone’ ketels. Afhankelijk van de waardering van biobrandstof kan hiermee een CO₂-reductie worden bereikt. Gezien de 10-km eis lijkt het minder zinvol biobrandstof als optie mee te nemen.

Berekeningen met het EMG-rekenmodel volgens de NVN 7125 (definitieve versie nog niet gepubliceerd) laten zien dat het rendement van warmtenetten die in hoofdzaak gevoed wor-

den door geothermie of restwarmte van een afvalverbrandingsinstallatie een equivalent opwekkingsrendement van 200% of meer kunnen bereiken. Dit zullen in de regel nieuwe warmtenetten zijn maar ook bestaande netten kunnen geheel of gedeeltelijk op dergelijke warmtebronnen worden aangesloten.

Warmtenetten die door een STEG van warmte worden voorzien kunnen een equivalent rendement rond 150% bereiken.

Gebieden met gebiedsinfrastructuur

Dit betreft in de regel gebieden met een traditionele gebiedsinfrastructuur: een collectief warmtenet op 90/70, in de meest gevallen gevoed door een STEG, WKK of AVI. Hiervoor zijn de volgende mogelijkheden.

- verlaging temperatuurniveau naar 70/40
- vervangen afleversets (oude afleversets zijn in de regel matig tot slecht geïsoleerd)
- toevoegen nieuwe warmtebronnen, zoals geothermie of AVI

Voor gebieden met een bestaand warmtenet rijst de vraag hoe het equivalent rendement zich ontwikkelt onder invloed van de volgende veranderingen:

- vermindering van de warmtevraag
door besparende maatregelen in gebouwen daalt de warmtevraag; bij gelijkblijvende netverliezen daalt hierdoor het equivalent rendement van het warmtenet;
- verlaging temperatuurniveau naar 70/40
indien alle aangesloten gebouwen zodanig worden aangepast dat deze verlaging mogelijk is zullen de netverliezen dalen en stijgt het equivalent rendement van het warmtenet.

Deze veranderingen zijn onderzocht met het EMG-rekenmodel [7]

Uitgangspunt hierbij is een primair warmtenet met een opwekkingsrendement van 170%. in bestaande grote netten die met een STEG worden gevoed is dit een reële waarde. Veranderingen in de warmtevraag in een secundair net hebben nauwelijks invloed op de prestatie van het primair net.

Vervolgens is voor de bestaande situatie in de naoorlogse wijk een secundair net op 90/70 met een rendement van 92,6% aangenomen bij een warmteafgifte van 30.000 GJ per jaar aan 489 woningen. Het verlies van het secundair circuit bedraagt dan 5 GJ per aangesloten woning.

	Warmtevraag GJ	T-niveau	Equivalent opwekkings- rendement	Rendement sec. net
Bestaand HT	30.000	90/70	155 %	92,6 %
Variant 1 HT	20.000	90/70	150 %	89,2 %
Variant 1 LT	20.000	70/50	155 %	92,1 %
Variant 2 HT	10.000	90/70	135 %	80,6 %
Variant 2 LT	10.000	70/50	143 %	85,3 %

Op basis hiervan mag worden aangenomen dat het equivalent rendement van een warmtenet bij sterke vermindering van de warmtevraag (vrijwel) geheel de oude waarde kan houden door verlaging van de bedrijfstemperatuur.

Bijlage 3: Maatregelen, innovaties en ideeën t.a.v. bouwtechniekconcepten

Voorbeelden van een aantal (nieuwe) concepten die specifiek op renovatie zijn gericht. Een concept hoeft niet gebonden te zijn aan één producent. Indien mogelijk is er wel een afbeelding en referentie van tenminste één producent opgenomen.

Uitbuikmodule

Concept van TNO om portiekwoningen energetisch te verbeteren en te vergroten. Geprefabriceerde module wordt aan de gevel van een bestaande portiekflat bevestigd.



Figuur B.3.1 TNO reflex uitbuikmodule

PV pannen

Product om een bestaand dak te kunnen voorzien van PV panelen zonder veel inbreuk te maken op het bestaande beeld. <http://www.smartroof.be/renosolpanNL.html>
De ‘pan’ is van kunststof waardoor een gewichtsbesparing wordt bereikt.



Figuur B.3.2 PV pannen.

Passiefhuis renovatie

‘Passiefhuis’ is een van oorsprong Duitse methodiek om woningen met een zeer lage verwarmingsbehoefte te bouwen. Door zeer dikke isolatiepakketten en een gebalanceerd ventilatiesysteem te combineren met een ontwerp dat profiteert van zoninstraling wordt dit gerealiseerd. Eenzelfde strategie kan ook voor renovatie worden gebruikt. Het bekendste Nederlandse voorbeeld van Passiefhuis renovatie is de Kroeven in Roosendaal.



Figuur B.3.3 Passiefhuisrenovatie ‘de Kroeven’

Optoppen

Term waarmee het toevoegen van een of meerdere verdiepingen bovenop een woning wordt aangebracht. Meestal van lichte materialen om de extra belastingen in de rest van het gebouw beperkt te houden. Wordt in sommige gevallen ook toegepast om de renovatie van het hele

complex (de onderliggende verdiepingen) financieel rendabel te maken. Voorbeelden: lighthouse. <http://www.lichthuis.nl/>, Starframe <http://www.starframesolutions.nl/>



Figuur B.3.4 Optoppen (starframe)

Inschuifwoning

Concept van aannemer Mulder Obdam om een tussenwoning te vervangen voor een nieuwe woning zonder het gehele woonblok te slopen. Woning wordt in korte tijd afgebroken en herbouwd. <http://www.inschuifwoning.nl/>

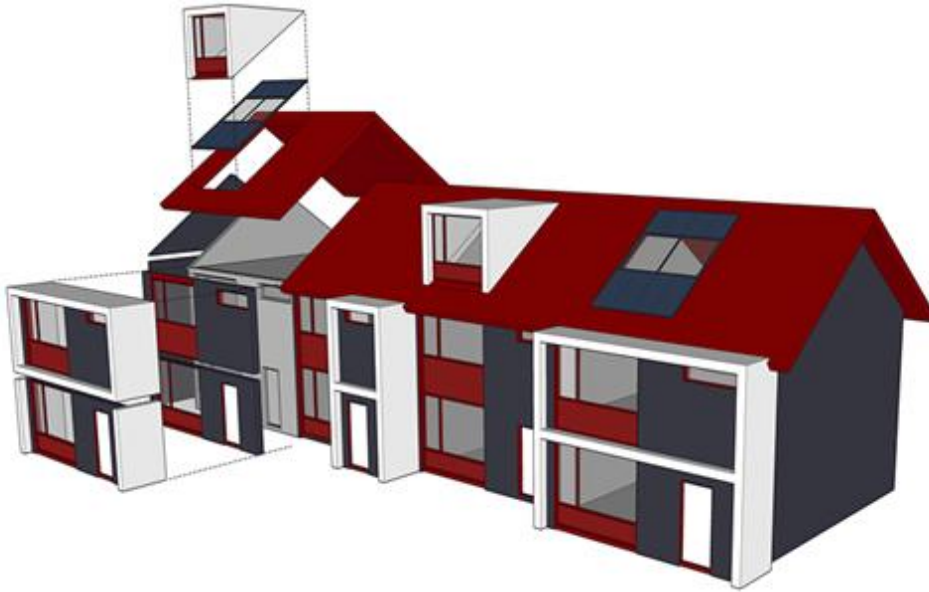


Figuur B.3.5 Inschuifwoning.

Slim renoveren

Start-up uit Eindhoven die een renovatieconcept hebben bedacht om geprefabriceerd woningen te vergroten. Geven daarnaast ook advies aan diverse partijen in de markt m.b.t. renoveren.

<http://www.slimrenoveren.nl/welkom/index.php>



Figuur B.3.6 Concept slim renoveren.

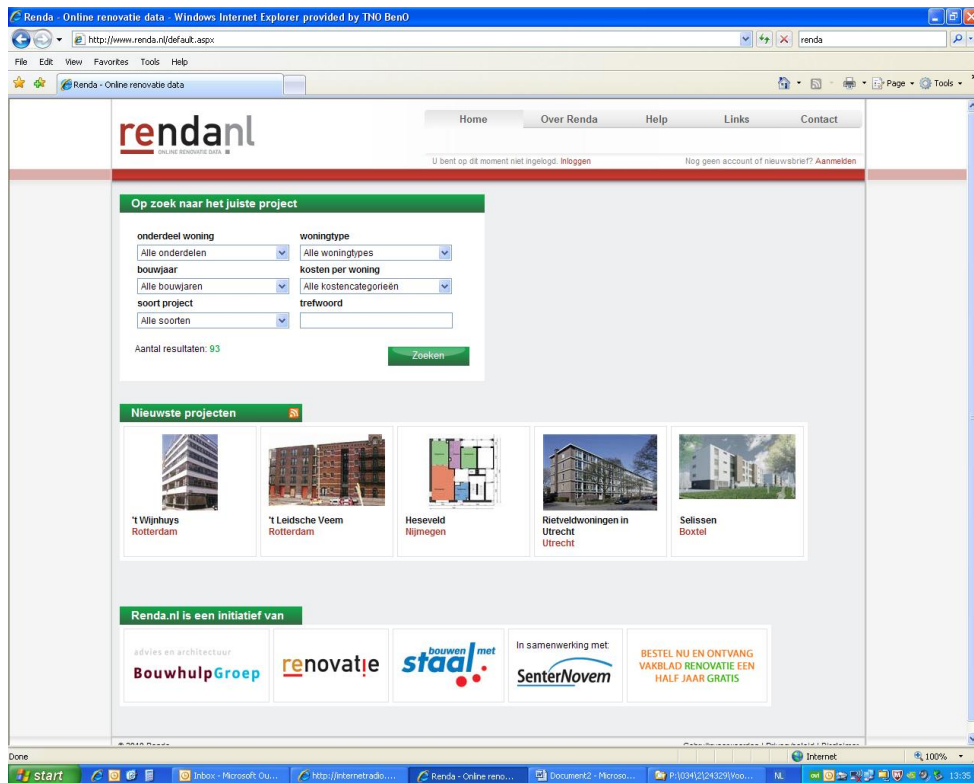
Databases bouwinnovatie

Er zijn diverse bronnen, veelal op internet, te vinden waar informatie over uitgevoerde projecten of verzamelingen van bouwconcepten te vinden zijn. In deze databases is een doorsnede van de praktijk te vinden.

Renda

<http://www.renda.nl/>

Database behorend bij het blad 'renovatie'. Allerlei projecten zijn beschreven, veelal ook met kosten en de toegepaste maatregelen. Het betreft vooral woningbouwprojecten en is sterk gericht op corporaties. De beschrijvingen zijn veelal op complexniveau.

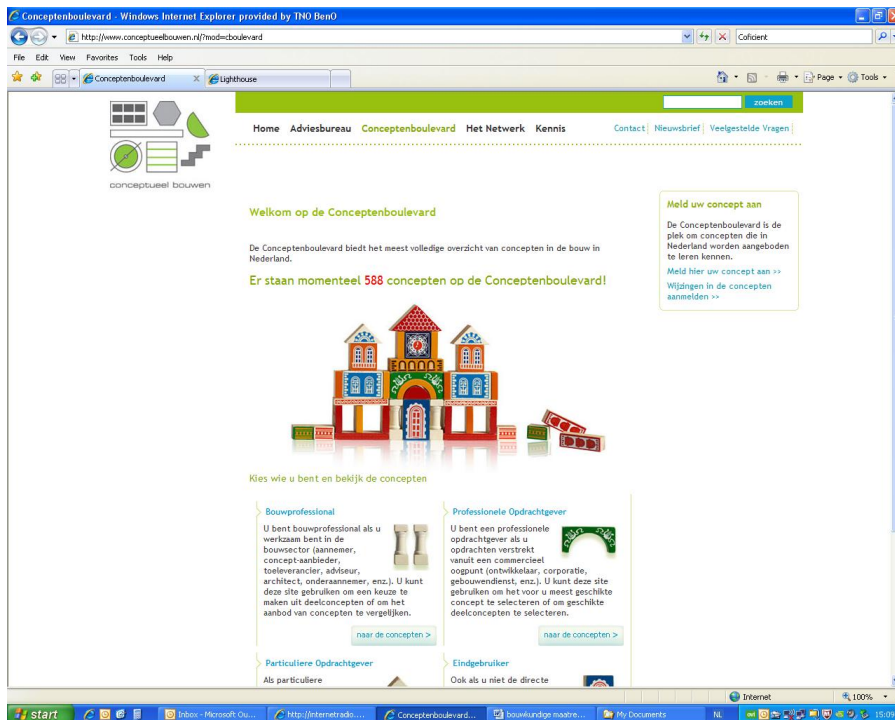


website rendanl

Conceptenboulevard

Website met allerlei concepten voor onder andere renovatie. Producenten van producten, aannemers met een bouwsysteem, consortia met een oplossing kunnen hier hun oplossingen aanbieden. Is onderdeel van conceptueel bouwen, een initiatief van Pieter Huijbrechts.

<http://www.conceptueelbouwen.nl/?mod=cboulevard>



website conceptenboulevard

Toolkit bestaande bouw

Collectie van drie boeken die door Aeneas wordt uitgegeven waarin allerlei combinaties van maatregelen voor diverse woningtypologieën woningen worden besproken. De maatregelen behelzen zowel bouwkundige als installatietechnische maatregelen.

<http://www.aeneas.nl/toolkit-bestaande-bouw.8122.lynkx>



website toolkit

Andere relevante informatiebronnen:

Duurzaam gebouwd.nl

Passiefbouwen.nl