

**NO REGRET AANPAK –
BESTAANDE BOUW ROTTERDAM**

Rapportage onderzoek - gemeente Rotterdam



NO REGRET AANPAK - BESTAANDE BOUW ROTTERDAM

Rapportage onderzoek - gemeente Rotterdam

Gemeente Rotterdam

Postbus 33100
3005 EC Rotterdam



Vertegenwoordigd door: De heer S. Ringelberg

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T(038) 467 00 30
www.nieman.nl



Uitgevoerd door: Mevrouw ir. M. Cornelisse
 De heer ir. G.J. Vons
 De heer ing. T.G. Haytink

Wij gaan vertrouwelijk met uw gegevens om, geheel volgens de richtlijnen voor Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG). [Lees onze privacyverklaring.](#)

Referentie:	20181217 / 13777
Status:	definitief
Datum:	18 maart 2019

Samenvatting

Nieman Raadgevende Ingenieurs heeft in opdracht van de gemeente Rotterdam onderzoek verricht naar een stapsgewijze aanpak voor de energietransitie in de bestaande bouw. Het onderzoek richt zich op het vertalen van de energetische ambitie op termijn naar een pragmatische no-regret aanpak. In deze rapportage zijn strategieën en richtlijnen opgenomen om te komen tot een CO₂-vrije gebouwde omgeving met daarbij de praktische gevolgen daarvan.

In dit onderzoek zijn dertien veel voorkomende woningtypen uit verschillende bouwperiodes onderzocht. Het betreft woningen in de periode van circa 1900 tot 2000; uiteenlopend van woningen met een beschermd stadsgezicht tot portiek-, galerij- en grondgebonden woningen. De doelgroep van dit onderzoek zijn professionals van de gemeente die de energietransitie op een pragmatische en begrijpbare wijze naar de bewoners kunnen uitleggen. Het onderzoek richt zich op het opstellen van een routeplan voor de verschillende woningtypen om te komen tot een CO₂-en aardgasvrije gebouwde omgeving waarbij oog is voor de betaalbaarheid en het comfort van de bewoner.

Binnen de gemeente Rotterdam wordt ingezet op twee warmtedragers als alternatief voor het gebruik van aardgas. Het betreft het warmtenet in Rotterdam (hoog/midden- temperatuur) en all-electric als warmtebron. Naast de warmtebron vormt vraagbeperking een belangrijke/noodzakelijke stap om het einddoel te bereiken. Vandaar dat er in dit onderzoek vijf strategieën zijn uitgewerkt:

1. HT-warmtenet zonder vraagbeperking (vraagbeperking op termijn)
2. MT-warmtenet in combinatie met beperkte vraagbeperking
3. All-electric concepten / LT-warmtepompen met verdergaande vraagbeperking
4. MT-warmtepompen met beperkte vraagbeperking
5. Hybride varianten / waterstof met beperkte vraagbeperking

De invulling van deze strategie is te realiseren door verschillende combinaties in bouwkundige en installatietechnische maatregelen, waarbij ook het gebruikersgebonden gedrag een belangrijke component is om te komen tot CO₂-vrije woningen. Het realiseren van uitsluitend Nul-op-de-Meter woningen voor de gehele stad is praktisch niet realistisch en voor particulieren onbetaalbaar. De vraag ontstaat welke maatregelen voldoende zijn om te komen tot een no-regret aanpak. Om no-regret te bepalen is een analyse opgesteld waarin gekeken is naar de warmtevraag, CO₂-uitstoot, investeringskosten en energielasten.

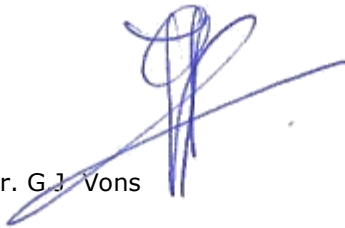
Hoe meer er op gebouwniveau wordt gedaan des te minder er op gebiedsniveau nodig is om tot een CO₂-vrije gebouwde omgeving te komen. De duurzame bronnen op gebiedsniveau zijn namelijk niet ongelimiteerd beschikbaar. Om de compensatie op gebiedsniveau zoveel mogelijk te beperken, binnen de financiële kaders die er zijn voor particulieren, stellen wij de volgende aanpak voor:

1. Vraagbeperking: minimale benchmark stapsgewijs naar thermisch label A. Voor laag temperatuursystemen wordt een thermische schil op niveau nieuwbouw Bouwbesluit voorgesteld. De keuze hierin wordt sterk bepaald door het alternatief voor aardgas, zie volgende punt.
2. Overgang naar een aardgasvrij alternatief (keuze/verplichting warmtenet / all-electric).
3. Opwekking van elektra op woningniveau.
4. Rekening houden met de verdere verduurzaming van het warmtenet en het elektriciteitsnet.
5. Het resterende deel zal op gebiedsniveau worden gecompenseerd.

Om de kosten voor een particulier te beperken is er voor gekozen om stapsgewijs naar een thermisch label A te gaan. Hiervoor is een keuzekaart opgesteld voor de dertien veel voorkomende woningtypen. De maatregelen om te komen tot een CO₂-vrije woning hebben consequenties voor de woning, esthetica, overlast, het comfort etc. In deze rapportage zijn de praktische consequenties daarvan inzichtelijk gemaakt. Deze zijn vormgegeven in een train-de-trainer format, waarmee de gemeente Rotterdam het voor meerdere doeleinden kan gebruiken.

Zwolle, 18 maart 2019

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.



ir. G.J. Vons



ing. T.G. Haytink

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Scope onderzoek	8
1.3 Leeswijzer	11
Hoofdstuk 2 Doelstelling en strategie	12
2.1 Aardgasvrij	12
2.2 CO ₂ -vrij	14
2.3 Strategie	16
Hoofdstuk 3 Stapsgewijze aanpak aardgasvrij	22
3.1 Strategie 1. HT-warmtenet zonder vraagbeperking	23
3.2 Strategie 2. MT-warmtenet met beperkte vraagbeperking	25
3.3 Strategie 3. LT all-electric met verdergaande vraagbeperking	27
3.4 Strategie 4. MT-warmtepomp met beperkte vraagbeperking	30
3.5 Strategie 5. Hybride / waterstof met beperkte vraagbeperking	31
3.6 Gestapelde bouw	33
Hoofdstuk 4 Routeplan (bijna) CO₂-vrije stad	35
4.1 Vraagbeperking woningniveau	36
4.2 Aardgasvrije warmte	40
4.3 Opwekking elektra woningniveau	44
4.4 Verduurzamen warmtenet / elektriciteitsnet	45
4.5 Gebiedsniveau	46
Hoofdstuk 5 Keuzekaarten op woningniveau	48
5.1 Strategie 1. HT-warmtenet zonder vraagbeperking	48
5.2 Strategie 2. MT-warmtenet met beperkte vraagbeperking	49
5.3 Strategie 3. LT-warmtepomp met verdergaande vraagbeperking	50
5.4 Strategie 4. MT-warmtepomp met beperkte vraagbeperking	51
5.5 Strategie 5. Hybride / waterstof met beperkte vraagbeperking	51

Hoofdstuk 6 Praktische consequenties 52

6.1	Bouwkundig	53
6.2	Verwarming / warmtapwater	58
6.3	Ventilatie, koken, elektra	65

Bijlage 1 Referentiesituatie woningtypen

Bijlage 2 Investeringskosten

Bijlage 3 Tabel CO₂-reductie per woningtype

Bijlage 4 Routekaarten per woningtype

Hoofdstuk 1 Inleiding

In de visie van de overheid is de gebouwde omgeving CO₂ vrij in 2050. In de Energie-Agenda van de rijksoverheid d.d. 7 december 2016 is een CO₂-uitstoot van bijna 0 als uitgangspunt van het beleid beschreven. In navolging hiervan heeft de gemeente Rotterdam als doelstelling in 2030 meer energie op te wekken dan de stad aan energie verbruikt, en in 2050 aardgasvrij te zijn. Dit impliceert een transitie van een energievoorziening hoofdzakelijk gebaseerd op fossiele brandstoffen, naar een gebouwde omgeving waarvan de energievraag vergaand is teruggebracht en die wordt voorzien van CO₂-vrij opgewekte elektriciteit en warmte. De weg naar een CO₂-vrije stad kan in sprongen of in stappen. In dit onderzoek staat een stapsgewijze aanpak richting het einddoel centraal.

1.1 Aanleiding

De gebouwde omgeving ondervindt de komende jaren een omvangrijke energietransitie. De gemeente Rotterdam legt de focus op het verder verduurzamen van de gebouwde omgeving. In het gemeentelijke beleid zijn voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving op de (middel)lange termijn drie ambities te onderscheiden:

1. Overgang naar een stad die in 2050 aardgasvrij en CO₂-vrij is.
2. Meer duurzame energie produceren dan de gemeente Rotterdam in 2030 aan energie verbruikt.
3. In de huidige collegeperiode moeten 15.000 woningen verduurzaamd worden op basis van de no-regret aanpak.



Figuur 1: globale tijdlijn richting 2050, met ambities overheid/gemeente Rotterdam

Doel van onderzoek

U heeft ons gevraagd om bovenstaande doelstellingen voor de gemeente Rotterdam op basis van een stapsgewijze no-regret aanpak inzichtelijk te maken. De doelgroep van dit onderzoek zijn professionals van de gemeente die deze materie op een pragmatische en begrijpbare wijze naar de bewoners kunnen uitleggen. Het onderzoek moet antwoord geven op de volgende vragen: wat gebeurt er als de woningen niet meer aangesloten zijn op het aardgasnetwerk, welke maatregelen zijn dan stapsgewijs nodig, wat betekent dat voor de bewoner, de investering, de installatieruimte, de energierekening en het comfort van de woning?

Projectteam

Deze studie is verricht in samenspraak met het projectteam van de gemeente Rotterdam. Het projectteam bestaat uit de volgende personen:

- Maurice van der Meer - Woonwijzerwinkel
- Jerry Wesemann – Eigenhuiscoach
- Sven Ringelberg - adviseur BWT gemeente Rotterdam
- Bert Jonker – programmamanager versnelling 010

1.2 Scope onderzoek

In dit onderzoek worden voor dertien woningtypen no regret maatregelen uitgewerkt. In figuur 2 is een overzicht opgenomen van de woningtypen. Het betreft de volgende referentie woningtypen:

1. Portiekwoning spoorsingel 1889 (monumentaal)
2. Portiekwoning 1925, Grote Visserijstraat
3. Rijwoning 1928, Heenvlietstraat
4. Portiekwoning jaren 30, Bas Jungeriusstraat
5. Portiekwoning jaren 30, Statenweg (beschermde stadsgezichten Blijdorp)
6. Portiekwoning jaren '50, Korhaanstraat
7. Rijwoning jaren '60/'70, Pendrecht (a. zonder dakopbouw / b. met dakopbouw)
8. Portiekwoning jaren '60, Molièrebuurt
9. Galerijwoning jaren '70, Robert Kochplaats
10. Appartementen jaren '80, Crooswijk
11. Rijwoning jaren '90, 's Gravenland
12. Appartementen > 2000, Binnenrotte
13. Rijwoning > 2000, Hoogvliet

Figuur 2: Scope onderzoek dertien woningtypen1. Portiekwoning 19^e eeuw (monumentaal)

2. Portiekwoning Grote Visserijstraat, 1925



3. Rijwoning Heenvlietstraat, jaren 30



4. Portiekwoningen Bas Jungeriusstraat, 1935



5. Portiekwoning beschermd stadsgezicht Blijddorp, jaren 30



6. Portiekwoning jaren 50, Korhaanstraat



7a. Rijwoning jaren '50/'60, Pendrecht



7b. Rijwoning jaren '50/'60 (met hellend dak en dakkapel), Pendrecht



8. Portiekflat jaren '60, Molièrebuurt



9. Galerijflat jaren '70



10. Appartementen jaren '80



11. Rijwoning jaren '90



12. Appartement 2000



13. Rijwoning 2000

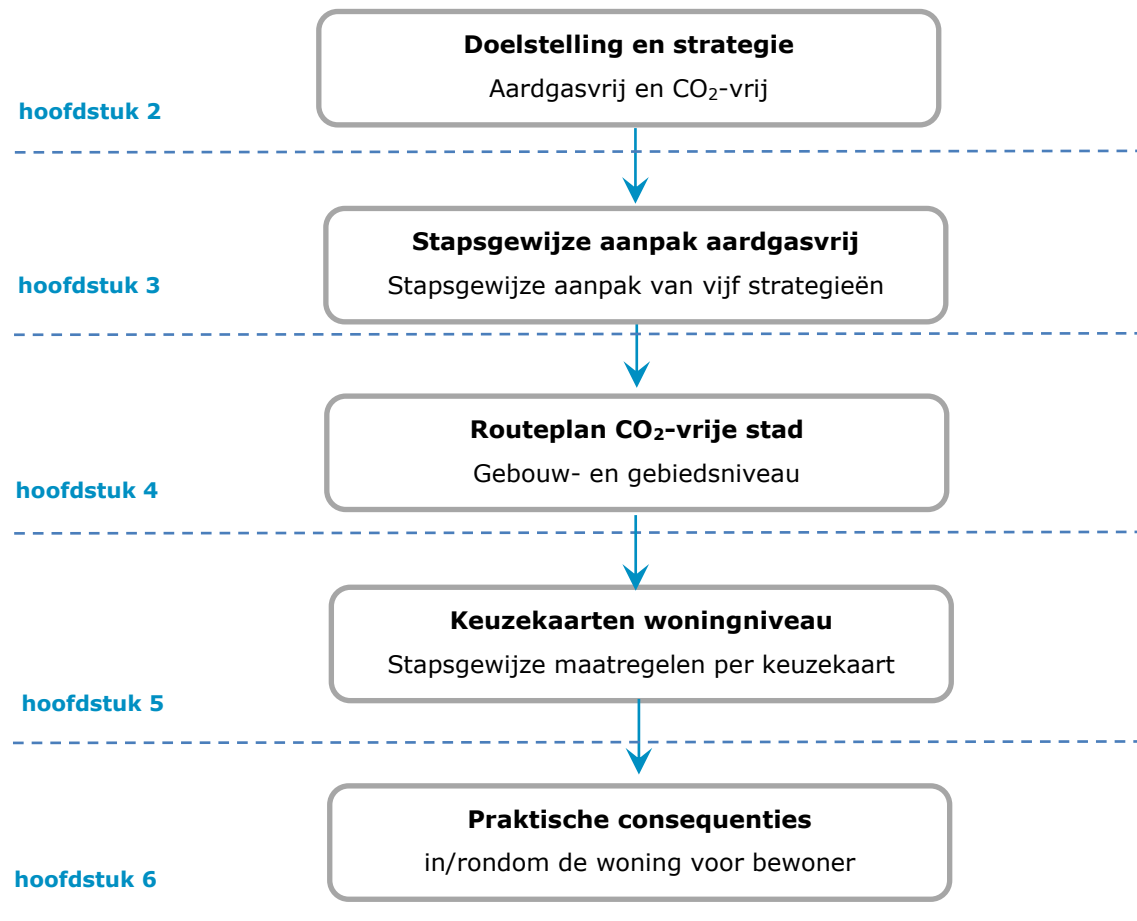
In Rotterdam zijn circa 300.000 woningen. In dit onderzoek is de woningvoorraad gekoppeld aan de dertien woningtypen, dit resulteert in de volgende grove onderverdeling in aantallen per woningtype.

Tabel 1: verdeling woningtypen

Woningtype		Percentage woningen	Aantal woningen
1.	Tussen-tussen portiekwoning - 1889	3,74%	11.223
2.	Beneden-tussen portiekwoning - 1925	3,7%	11.223
3.	Tussen rijwoning - 1928	16,4%	49.213
4.	Tussen-tussen portiekwoning - '30	3,7%	11.223
5.	Tussen-tussen portiekwoning - '30	3,7%	11.223
6.	Tussen-tussen portiekwoning - '50	5,4%	16.156
7a.	Tussen rijwoning - '60/'70	3,0%	8.855
7b.	Tussen rijwoning - '60/'70	3,0%	8.855
8.	Tussen-tussen portiekwoning - '60	11,6%	34.765
9.	Hoek-boven galerijwoning - '70	7,7%	23.077
10.	Hoek-boven appartementen - '80	16,9%	50.649
11.	Tussen rijwoning - '90	10,4%	31.169
12.	Hoek-tussen appartementen - '00	5,1%	15.373
13.	Tussen rijwoning - '00	5,7%	16.995
Totaal		100%	300.000

1.3 Leeswijzer

De opbouw van deze rapportage is onderstaand weergegeven met daarbij betreffende hoofdstukken.

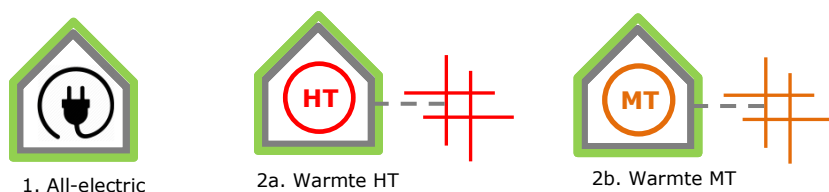


Hoofdstuk 2 Doelstelling en strategie

2.1 Aardgasvrij

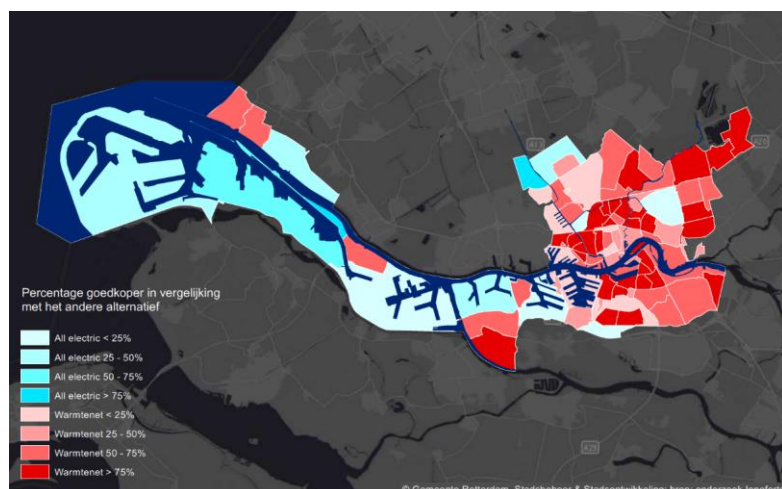
De Nederlandse overheid heeft besloten dat we in 2050 geen aardgas meer mogen gebruiken voor koken, verwarmen en warmtapwater. Van de 300.000 woningen in Rotterdam is op dit moment het overgrote deel nog aangesloten op aardgas. Om in 2050 een aardgasvrije stad te zijn, moeten we dus toe werken naar een tempo van 10.000 woningen per jaar die van het aardgas af gaan. Er zijn diverse mogelijke alternatieven voor aardgas. De keuzemogelijkheden hangen mede af van beslissingen op infrastructuurniveau die onder regie van de gemeenten de komende periode worden genomen. Er worden in dit onderzoek twee warmtescenario's uitgewerkt:

1. All-electric
2. Warmtenet Rotterdam (hoog- en midden temperatuur)



Figuur 3: Warmtescenario's ten behoeve van routekaart

Vanuit de gemeente Rotterdam is in samenwerking met Innoforte onderzoek verricht naar mogelijke verduurzamingsroutes om de gebouwen in Rotterdam aardgasvrij, duurzaam en betaalbaar te verwarmen. Deze studie heeft geleid tot onderstaand beeld van de optimale energie-infrastructuur per buurt in Rotterdam, zie figuur 4 (bron: Innoforte, toekomstbestendige energie-infrastructuur).



Figuur 4: Alternatieven voor aardgas Rotterdam (bron: Innoforte)

Er lopen in Rotterdam al diverse activiteiten op het gebied van de warmtetransitie. Enkele voorbeelden:

Aardgasvrije wijken

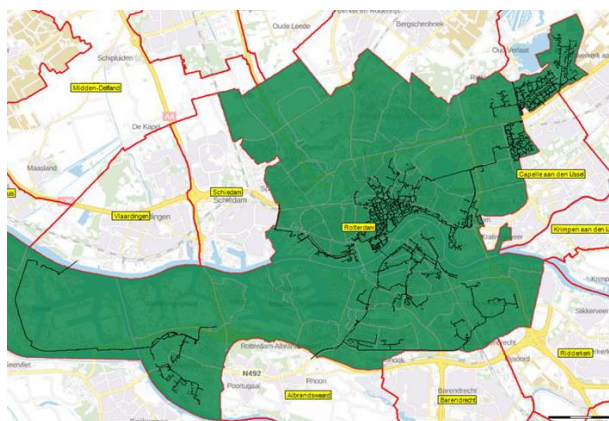
De wijk Pendrecht is door het Ministerie Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties aangewezen als één van de 27 aardgasvrije wijken in Nederland. Met het programma Aardgasvrije Wijken werkt het kabinet aan het halen van de doelen uit het Klimaatakkoord van Parijs. In dit onderzoek is daarom onder andere gekeken naar woningen in de wijk Pendrecht.



Figuur 5: Kaart met 27 aardgasvrije wijken (bron: Ministerie van BZK)

Warmtenetten

In een aantal buurten in Rotterdam is een warmtenet aanwezig. Eneco en Nuon exploiteren deze warmtenetten. In figuur 6 zijn de bestaande lokale warmtenetten van Rotterdam weergegeven (dunne zwarte lijnen in de stad).



Figuur 6: Huidige warmtenetten – dunne zwarte lijn (bron: Innoforte)

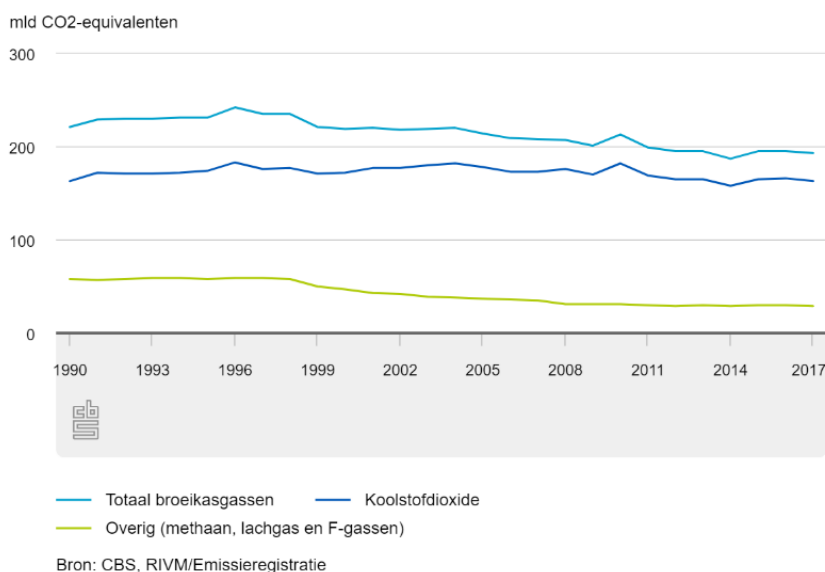
Aardgasvrije nieuwbouw

Vanaf 1 juli 2018 worden nieuwe woningen niet meer aangesloten op aardgas. Voor nieuwbouw zijn all-electric oplossingen heel geschikt. Daar wordt de komende tijd veel ervaring mee opgedaan, deze ervaring kan toegepast worden in bestaande wijken.

2.2 CO₂-vrij

De ambitie (bijna) CO₂-vrij in 2050 richt zich voor de gemeente Rotterdam en op landelijk niveau niet alleen op de gebouwde omgeving maar ook op mobiliteit, industrie, elektriciteitsproductie etc. Uit gegevens van CBS blijkt dat de uitstoot van CO₂ in 2017 net zo hoog was als in 1990. In 2017 werd in Nederland 163 miljard kilogram koolstofdioxide (CO₂) uitgestoten, zie figuur 7. De CO₂-uitstoot is net zo hoog als ruim een kwart eeuw geleden, terwijl de sectoren die deze uitstoot veroorzaken steeds omvangrijker zijn geworden. Van een afname is in de afgelopen kwart eeuw geen sprake, ondanks de toenemende aandacht voor vermindering van broeikasgassen.

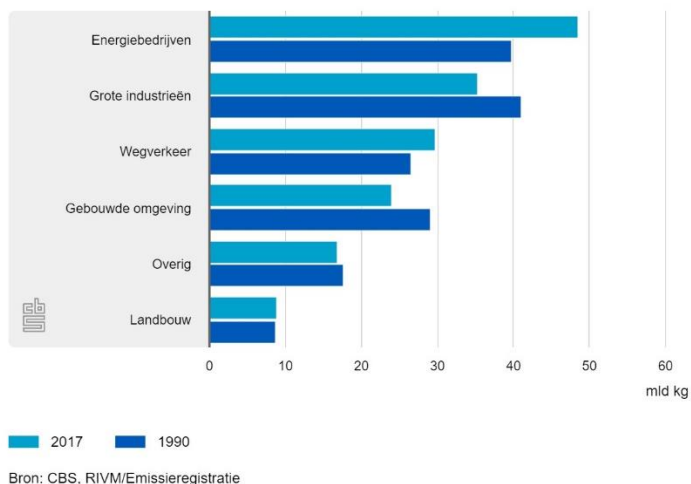
Uitstoot broeikasgassen



Figuur 7: Uitstoot broeikasgassen periode 1990-2017 (bron: CBS, RIVM/Emissieregistratie)

Als gekeken wordt naar de verschillende sectoren waar koolstofdioxide wordt uitgestoten, zie figuur 8, vormt de gebouwde omgeving circa 30% van het totaal. De CO₂-uitstoot voor de gebouwde omgeving is in de periode 1990 -2017 afgenomen. Door een betere isolatie en een grotere inzet van hoogrendementsketels kost het verwarmen van woningen en bedrijfsgebouwen minder energie dan voorheen. In 2017 werd door de sector gebouwde omgeving 17 procent (5 miljard kilogram) minder CO₂ uitgestoten dan in 1990, ondanks de toename van het aantal woningen in deze periode van 5,8 miljoen naar 7,7 miljoen (32 procent). Energiebesparende maatregelen hebben dus effect maar worden teniet gedaan door de toename in woningen.

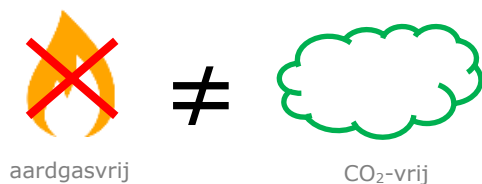
Uitstoot koolstofdioxide naar sector



Figuur 8: Uitstoot CO₂ per sector 1990-2017 (bron: CBS, RIVM/Emissieregistratie)

In deze rapportage wordt gekeken hoe een CO₂-vrije gebouwde omgeving te realiseren is, daarmee richten we ons op zowel het gebouw- als het gebruikersgebonden energieverbruik. De doelstelling van de gemeente Rotterdam is om in 2050 aardgasvrij en CO₂-vrij te zijn. Het streven naar aardgasvrij impliceert dat dit parallel gaat met een CO₂-vrije gebouwde omgeving. Dat is zeker op de korte termijn niet het geval. Een aardgasvrije woning is niet direct CO₂-vrij:

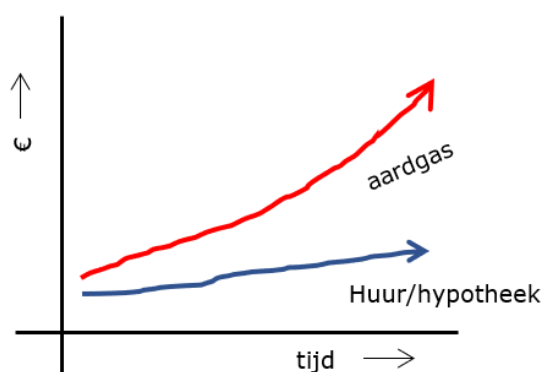
- De uitstoot van CO₂ van het warmtenet wordt in hoge mate bepaald door de bron van het warmtenet. Als het 100% restwarmte betreft uit bijvoorbeeld de Rotterdamse haven of industriële processen zonder fossiele brandstoffen is het CO₂-vrij. Deze doelstelling is op lange termijn realistisch.
- Bij de overgang van een woning met aardgas naar een all-electric woning met onvoldoende isolatie of elektrische weerstandsverwarming (elektrische radiatoren/ infrarood panelen) is de woning wel aardgasvrij, maar is de gemeente Rotterdam of de BV Nederland qua elektriciteitsproductie nog niet CO₂-vrij.



Figuur 9: Aardgasvrij versus CO₂-vrij

2.3 Strategie

De energietransitie gaat 2 á 3 miljard euro per jaar kosten volgens opgave PBL/ECN. In combinatie met een landelijk beleid om het gebruik aan aardgas te verminderen is een (forse) belastingverhoging op aardgas richting 2030 te verwachten. Dit is van invloed op het dagelijks besteedbaar budget van mensen, waarbij bewoners in een wijk met niet tot matig geïsoleerde woningen en een laag inkomen hard getroffen worden. Hierbij ligt de focus op de groep 'werkende armen'. Werknemers met weinig gewerkte uren of door een laag uur inkomen. Er is dus een strategie nodig om energietransitie betaalbaar te houden en om draagvlak bij bewoners te behouden en/of te vergroten.



Figuur 10: Verwachte trend in stijging belastingverhoging aardgas en vaste lasten

De volgende strategieën zijn te onderscheiden:

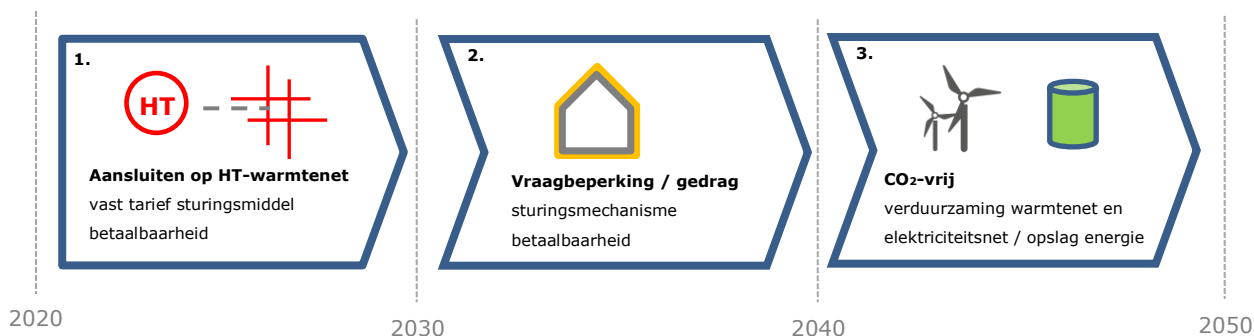
1. Eerst op het HT-warmtenet aansluiten en vraagbeperking op termijn
2. Eerst vraagbeperking en aansluiten op MT-warmtenet op termijn
3. Vraagbeperking in combinatie met laag temperatuur concepten
4. Eerst MT-warmtepompen en vraagbeperking op termijn
5. Voor woningen die op langere termijn (> 2030) aan de beurt zijn komt (beperkte) vraagbeperking in combinatie met hybride concepten naar voren: aardgas/elektra of waterstof

Strategie 1. Eerst op het HT-warmtenet aansluiten en daarna vraagbeperking

Uit de rapportage van *Innoforte: toekomstbestendige energie-infrastructuur d.d. 26 januari 2018* blijkt dat een groot deel van de Rotterdamse woningvoorraad rondom het centrum aangesloten kan worden op het warmtenet. Dit komt overeen met het algemene beeld van dichtbebouwde gebieden waar een warmtenet in het voordeel is ten opzichte van all-electric concepten. Het voordeel van een hoog temperatuur warmtenet is dat de aanpassingen in de woning beperkt zijn en de matig geïsoleerde schil in eerste instantie behouden kan blijven.

Kanttekening hierbij is dat de vaste lasten (vastrecht) voor een warmtenet hoger zijn dan bij aardgas en de variabele kosten (GJ prijs) lager. Dit zorgt er voor dat er bij een bewoner een beperkte prikkel is om door vraagbeperking het verbruik te reduceren. Welk sturingsmiddel is er dan wel om deze route betaalbaar te houden? Een mogelijkheid die ontstaat als een groot gedeelte van Rotterdam wordt

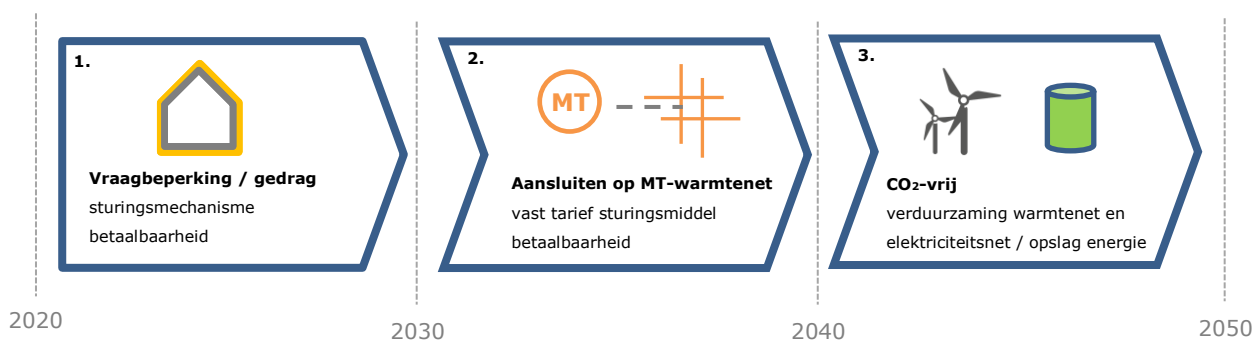
aangesloten op het warmtenet is dat de gemeente invloed kan uitoefenen op het vastrecht voor bewoners. Immers bij een hoge deelname wordt de afname van warmte goedkoper en ontstaat er een andere business case, eventueel in combinatie met het socialiseren van het warmtenet. Het vastrecht vormt daarmee een sturingsmiddel om de grillen van de markt op te kunnen vangen. In een later stadium kan dan de volgende stap richting vraagbeperking worden ingezet.



Figuur 11: Zo snel en veel mogelijk aansluiten op HT-warmtenet

Strategie 2. Eerst vraagbeperking en daarna aansluiten op MT-warmtenet

De overgang van grondgebonden woningen en gestapelde bouw van aardgas naar een warmtenet zal stapsgewijs per straat, buurt en wijk plaatsvinden. Dit betekent dat een aanzienlijk deel van de bewoners 10 á 15 jaar moet wachten voordat de woning tegen die tijd wordt aangesloten op een MT-warmtenet. De hoogte van de energierekening van deze bewoners wordt in die periode mede bepaald door het gasverbruik en de belastingverhoging op aardgas. De thermische schil en het bewonersgedrag vormen de eerste 10 á 15 jaar belangrijke sturingsmiddelen ten aanzien van de betaalbaarheid van energie. Voor deze woningen is vraagbeperking als eerste stap dus essentieel. In het verdere onderzoek zal blijken in welke mate vraagbeperking enerzijds no-regret is en anderzijds een reële terugverdientijd heeft. In deze route vormt vraagbeperking en bewonersgedrag dus het sturingsmiddel om de betaalbaarheid op de middellange termijn binnen de perken te houden.



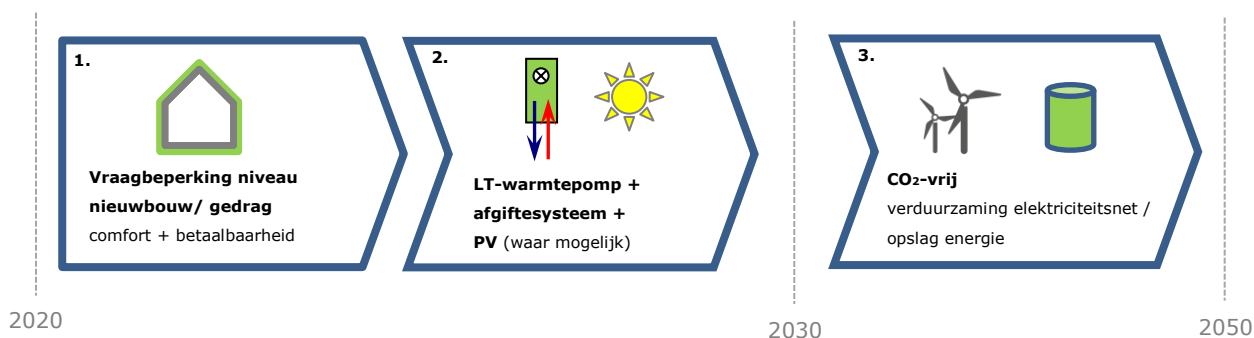
Figuur 12: Woningen die later op MT warmtenet worden aangesloten

Een MT-warmtenet wijkt in dit onderzoek ten opzichte van een HT-warmtenet op twee punten af:

- voor voldoende warmtecapaciteit kan afhankelijk van het temperatuurtraject en de thermische schil het plaatsen van extra verwarmingscapaciteit nodig zijn.
- voor warmtapwater is een secundaire opwekker nodig.

Strategie 3. Vraagbeperking in combinatie met een LT-warmtepomp/concepten (all-electric)

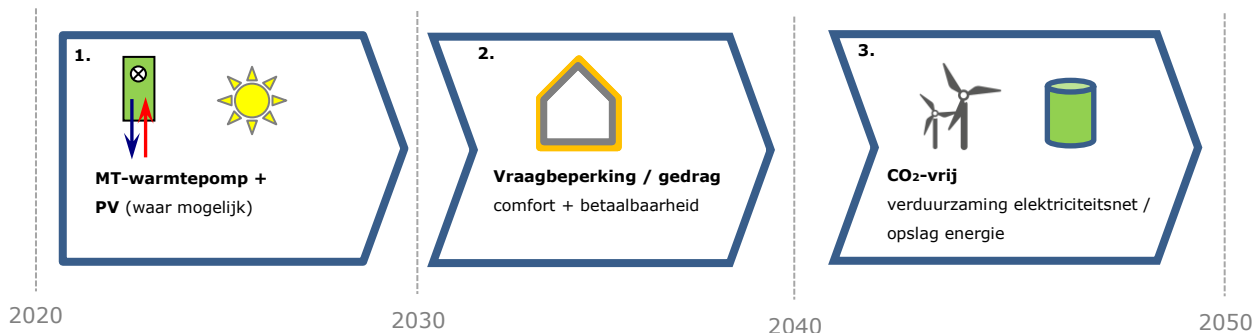
Bij vrijwel alle all-electric concepten vindt er een overgang plaats van een hoog temperatuurniveau naar een laag temperatuurniveau afgifte. Om het comfort en de betaalbaarheid te behouden is vraagbeperking op het niveau nieuwbouw een voorwaarde. Hoewel het in de meeste studies over de aanpak van de gebouwde omgeving een expliciete randvoorwaarde is, is isolatie niet populair: het is ingrijpend, vergt een hoge investering en is veelal belastend voor bewoners. Toch zal het noodzakelijk zijn want de mogelijkheden voor opwekking en opslag van duurzame energie zijn, zelfs in de meest optimistische scenario's, een beperkt percentage van de huidige jaarlijkse energiebehoefte van de gebouwde omgeving; 30% lijkt een realistisch getal. Dat wil zeggen dat we de totale energiebehoefte van onze gebouwen moeten beperken met 70%.



Figuur 13: Laag temperatuur concepten, waaronder all-electric

Strategie 4. MT warmtepompen zonder vraagbeperking

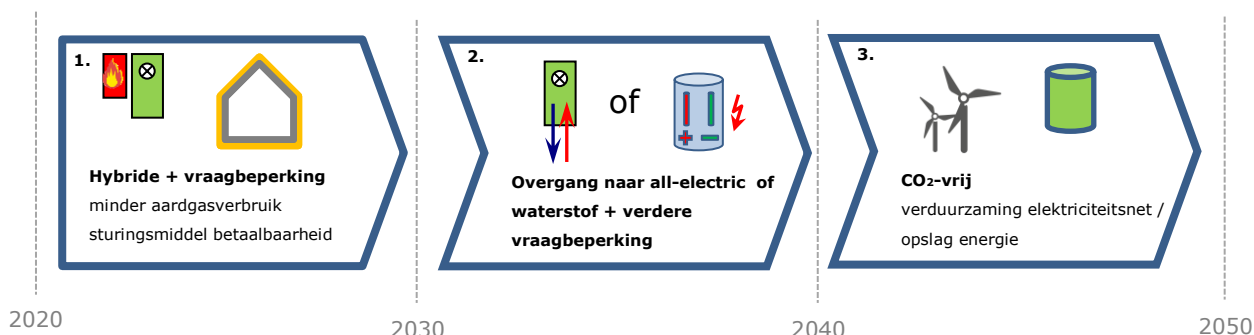
Een van de oplossingen om de bestaande woningen 'gasloos' te maken is 'hoge temperatuur' warmtepompen. Warmtepompen die een aanvoertemperatuur van 60°C kunnen maken hebben een ander type 'koudemiddel' nodig dan de huidige generatie LT-warmtepompen. Met deze warmtepompen kunnen bestaande radiatoren gehandhaafd worden en is vraagbeperking in eerste instantie niet nodig, wel wenselijk. Immers hoe groter het transmissieverlies en des te groter het verschil in temperatuur van de bron en afgifte hoe meer energie nodig is.



Figuur 14: MT-warmtepompen met vraagbeperking op termijn

Strategie 5. (Beperkte) vraagbeperking in combinatie met hybride gas/elektra concepten

Voor veel wijken geldt dat het aardgasnet tot na 2030 nog blijft liggen. Bij eventueel toekomstig aanbod van groen gas of als tussenoplossing om aardgas te verminderen is een hybride variant denkbaar. Daarbij wordt elektriciteit gebruikt als basislast, aardgas voor de pieken/warmtapwater en eventueel voor koken. Een hybride CV-ketel/warmtepomp in combinatie met vraagbeperking leidt tot minder aardgas verbruik. In onze ogen vormt dit een tussenoplossing voor de korte termijn. De mate van isolatie is bij een hybride warmtepomp afhankelijk van de woning en het temperatuurtraject.



Figuur 15: Woningen die op hybride gas/elektra concepten worden aangesloten

Waterstof

Een variant hierop is het behouden van het gasnetwerk en projecten aan te sluiten op waterstof. Onder invloed van (duurzame) elektriciteit, wordt water gesplitst in waterstof en zuurstof. In Rotterdam wordt momenteel ervaring opgedaan met waterstof in de gebouwde omgeving door een pilotproject in Rozenburg. Waterstof zien wij op dit moment nog niet als oplossing voor de gebouwde omgeving om de volgende redenen:

- het aanbod van waterstof is echter gering en tot nu toe 'grijs' (uit aardgas of andere fossiele bron);
- elektrolyse met behulp van duurzame energie lijkt de oplossing, maar hoewel theoretisch simpel is het praktisch lastig te realiseren en op te schalen. Reden hiervan zijn onder andere problemen met bouwen van grote elektrolyse-stacks, levensduur en beschikbaarheid van schaarse katalysatoren;

- als dat wordt opgelost geeft omzetting van duurzame elektriciteit naar waterstof flinke verliezen, denk hierbij aan verliezen van circa 40%;
- elektrolyse volgens de huidige techniek is vooralsnog een continu proces; inzet als er een piek in de (duurzame) elektriciteitsproductie is, is vooralsnog niet goed te realiseren onder andere omdat elektrolyse een $T > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ vraagt (water in dampvorm in proces, anders onvoldoende scheiding H_2 en O_2)
- de beschikbaarheid van duurzame energie is ook op middellange termijn beperkt;
- een groot voordeel van waterstof is de opslagmogelijkheid; dat geeft vooral veel voordeel waar andere vormen van opslag (accu's) nu te duur, te zwaar of onhandig groot zijn; dat verklaart de focus in op de transportsector;
- andere voor de hand liggend toepassingsgebied is chemie en procesindustrie, waar ofwel de stof H_2 ofwel de verbrandingstemperatuur noodzakelijk is: Tata-steel kan wel op waterstof draaien, maar niet op zonnepanelen en windmolens;
- er is (zelfs bij oplossen van een flink aantal van bovenstaande uitdagingen) onvoldoende duurzame elektriciteit beschikbaar om de Nederlandse gebouwde omgeving ongewijzigd op waterstof te laten draaien (2x het tot 2030 geprognostiseerde aantal 12 MW off-shore windturbines; meer bouw- en locatiecapaciteit is er niet).

Kortom: waterstof zal inderdaad een essentieel onderdeel van de energietransitie worden, maar het wordt niet de eerste oplossing voor de gebouwde omgeving. Daarnaast is de belofte van 'waterstof' (duurzaam, past in het huidige gasnet, nauwelijks aanpassingen in gebouwen nodig) verleidelijk tot het 'op de handen gaan zitten'. Niets doen is gezien de ambitie en noodzaak geen optie.

Koken op aardgas / inductie

Naast verwarming of warmtapwater wordt aardgas veelvuldig gebruikt voor koken. In de voorgaande strategieën met een warmtenet of all-electric concept als uitgangspunt is ook de overgang naar koken op inductie/keramisch noodzakelijk. Bij de hybride concepten waar de aansluiting op aardgas op termijn gaat vervallen is koken op aardgas nog mogelijk. Voor het koken zijn twee routes te onderscheiden:

a. Behoud koken op aardgas

Uit het oogpunt van no-regret en veiligheid in de woning is het wenselijk dat met de overgang van het verwarming- en tapwatersysteem ook het koken aardgasvrij wordt.



b. Overgang naar koken op inductie

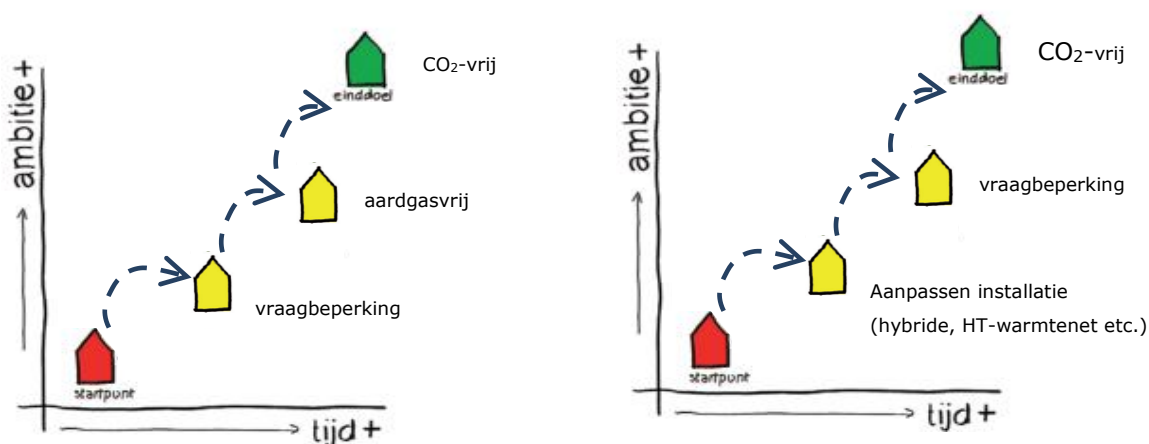
De overgang van koken op aardgas naar koken op inductie heeft een aantal consequenties:

- verwijderen van de gaskookplaat en gasaansluiting in de keuken
- aanbrengen 3-fase aansluiting in meterkast (3 x 25 A voor zover niet aanwezig)
- aanbrengen elektraleiding vanaf de meterkast naar de keuken (via loze leiding) + aanbrengen perilex stopcontact in de keuken
- aanbrengen (inbouw) kookplaat
- mogelijk vervangen pannen door pannen met magnetiseerbaar metaal in de bodem

De mogelijkheid bestaat om via een leaseconstructie koken op inductie voor een bewoner aantrekkelijker te maken.

Hoofdstuk 3 Stapsgewijze aanpak aardgasvrij

Een stapsgewijze aanpak vormt voor het overgrote deel van de gebouwde omgeving het meest realistische scenario voor de komende 30 jaar om te komen tot een CO₂-vrije woning in plaats van een sprongsgewijze aanpak. Bij de stapsgewijze aanpak die wij voor ogen hebben vormt backcasten het uitgangspunt, ofwel terug redeneren vanuit het einddoel aardgasvrij/CO₂-vrij in 2050. De vraag is hoe ver je komt met de om een CO₂-vrije woning te realiseren. Vandaar dat in deze studie toegewerkt wordt naar een nieuwe 'standaard' qua vraagbeperking en CO₂-reductie.



Figuur 16: Stapsgewijze no-regret aanpak (variatie in mogelijkheden)

In dit hoofdstuk zijn voor de vijf strategieën uit paragraaf 2.3 stappen opgenomen die op woningniveau nodig zijn om richting het einddoel te komen. Hierbij is gevarieerd in aanleg van energie-infrastructuur, mate en moment van vraagbeperking, ventilatiesysteem en PV-panelen. Deze laatste optie kan desgewenst naar voren worden geplaatst. In de volgende paragraaf komt per strategie respectievelijk de volgende stappen naar voren:

0. Referentie
1. Thermische schil
2. Opwekker (verwarming/warmtapwater) + koken
3. Afgiftesysteem / verleggen leidingen
4. Ventilatiesysteem
5. Zonne-energie

3.1 Strategie 1. HT-warmtenet zonder vraagbeperking

Warmtenetten

Warmtenetten vormen een prima gedachte om bijvoorbeeld reststromen uit de industrie te benutten voor de gebouwde omgeving. Het heeft ook veel voordelen op gebouwniveau: slechts een afleverset die in afmeting kan concurreren met de kleinste HR-ketel en technisch veel simpeler is. Maar de angel zit hier in de kosten en de daaraan verbonden perverse prikkels. Om de aanleg van een warmtenet zo rendabel mogelijk te maken, is de vuistregel: zo veel mogelijk aansluitingen op zo klein mogelijke afstand met per aansluiting een zo groot mogelijke warmtestroom. Een lagere warmtestroom maakt de aanleg minder rendabel, ook omdat de tarieven gemaximaliseerd zijn. Maar zelfs met die maximale tarieven zijn de maandelijkse kosten voor de eindgebruiker vaak hoger dan met een individuele opwekker. Isolatie, of andere vormen van vraagbeperking, worden gestraft in de tarieven voor aansluiting of het vastrecht. Dat wordt mede veroorzaakt doordat de infrastructuur, anders dan bij elektriciteit en gas, in handen is van marktpartijen. Bovendien is de CO₂-reductie volledig afhankelijk van de bron van het warmtenet.

In Rotterdam bestaat de wens om op termijn het HT-warmtenet te verlagen naar een MT-warmtenet. In de uitwerking naar toekomstige routekaarten moet op termijn ook voor dit concept gedacht worden aan isolatie. Hierdoor ontstaat strategie 2. MT-warmtenet met beperkt isolatie. Bovendien wordt het isoleren van de bestaande gebouwde omgeving mogelijk een verplichting op termijn. Momenteel wordt er vanuit het klimaatakkoord nagedacht over een minimale isolatiewaarde.

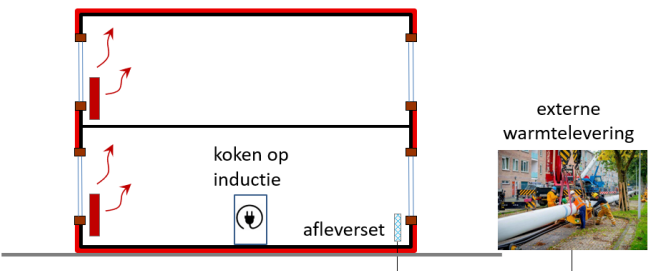
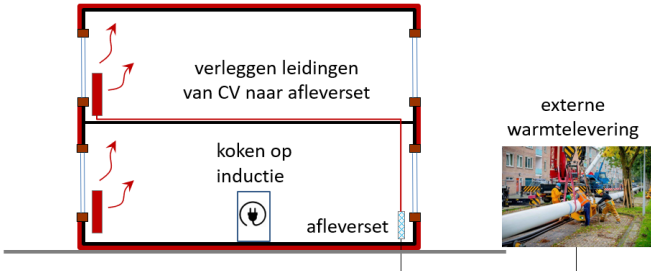


Figuur 17: Aanleg warmtenet Rotterdam zuid Pendrecht (bron Woonstad Rotterdam)

Vandaar dat voor het warmtenet twee strategieën zijn uitgewerkt:

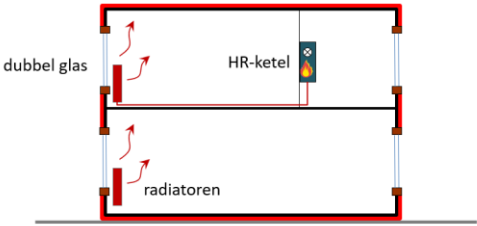
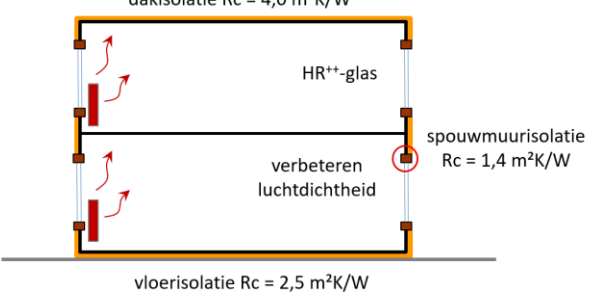
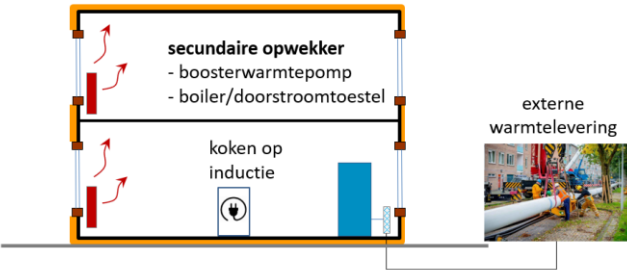
- strategie 1. Alleen aansluiten op HT-warmtenet en vraagbeperking later inzetten
- strategie 2. Starten met vraagbeperking en aansluiten op een toekomstig MT-warmtenet met secundaire opwekker voor warmtapwater

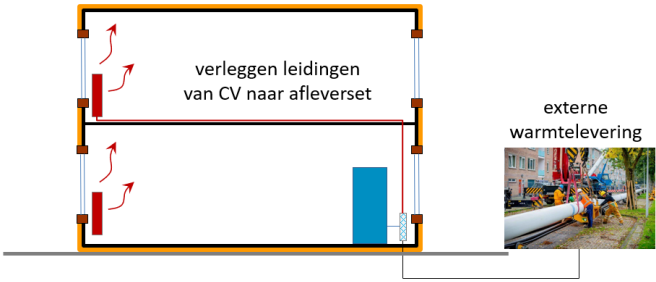
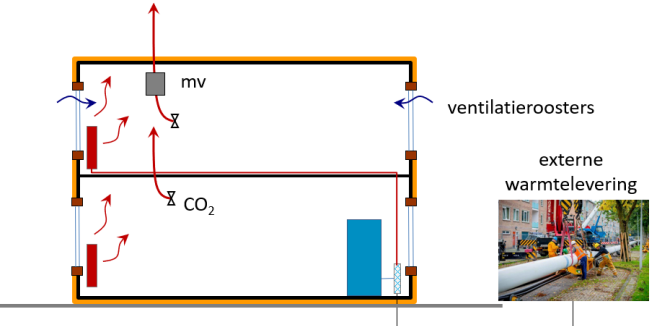
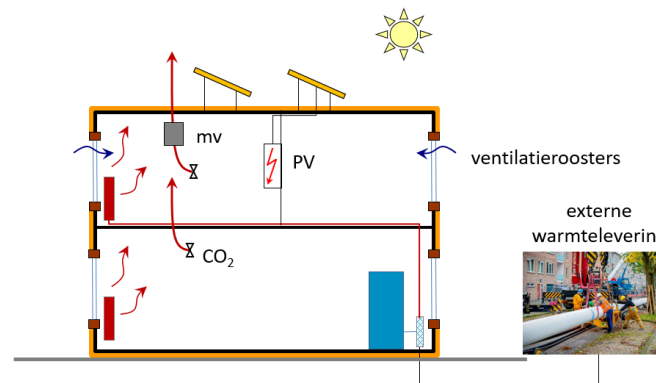
In de eerste strategie ligt de focus op de overgang van aardgas naar een hoog temperatuurwarmtenet. Vraagbeperking vindt later plaats.

0. referentie 	De bestaande woning wordt veelal gekenmerkt door een ongeïsoleerd of matig geïsoleerde woning met gasaansluiting.
2. Opwekker HT + koken 	Aanbrengen afleverset in meterkast. Daarnaast vindt een wijziging plaats van koken op aardgas naar koken op inductie. Veelal wordt de afleverset op de positie van de huidige gasmeter geplaatst.
3. Afgiftesysteem / verleggen leidingen 	Het afgiftesysteem (HT-radiatoren) kan gehandhaafd blijven. De positie van de CV-ketel komt niet overeen met de positie van de afleverset in de meterkast. Dit betekent het verleggen van leidingen vanaf de CV-ketel richting de meterkast.

3.2 Strategie 2. MT-warmtenet met beperkte vraagbeperking

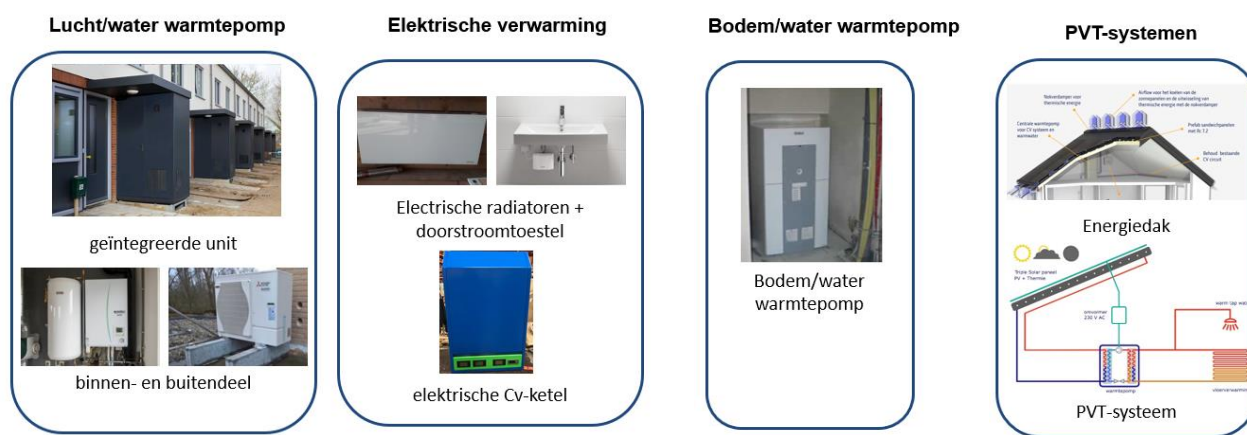
Bij het op termijn overgaan naar een MT-warmtenet is ten opzichte van een HT-warmtenet een verbetering van de thermische schil benodigd en een secundaire opwekker voor warmtapwater. In onderstaand figuur staan de stappen vermeld om te komen tot een aardgasvrije woning.

0. referentie	
	De bestaande woning wordt veelal gekenmerkt door een ongeïsoleerd of matig geïsoleerde woning met gasaansluiting.
1. Thermische schil – MT-warmtenet	
	Bij MT-warmtenet de thermische schil verbeteren door vloer-, gevel- en dakisolatie, glasvervanging en het verbeteren van de luchtdichtheid.
2. Opwekker MT + koken	
	Aanbrengen afleverset in meterkast. Daarnaast vindt een wijziging plaats van koken op aardgas naar koken op inductie. Bij MT-warmtenet een secundaire opwekker voor warmtapwater toevoegen: - warmtepompbooster; of - elektrische boiler / doorstroomtoestel
3. Afgiftesysteem	

	Bij vrijwel alle woningen komt de positie van de CV-ketel niet overeen met de positie van de afleverset in de meterkast. Dit betekent het verleggen van leidingen vanaf de CV-ketel richting de meterkast. Daarnaast zal in veel gevallen afhankelijk van het temperatuurtraject en mate van isolatie extra verwarmingscapaciteit nodig zijn.
4. Ventilatiesysteem	
	Voor een goed binnenklimaat is ventilatie essentieel. Bij een warmtenet is natuurlijke toevoer en mechanische afvoer in combinatie met een hoog/midden temperatuur mogelijk. Om het transmissieverlies van ventilatie verder te reduceren vormt (decentrale) gebalanceerde ventilatie een optie.
5. Zonne-energie	
	Om het elektraverbruik te compenseren kan gebruik worden gemaakt van zonne-energie. Het is een utopie dat dit voor alle woningen mogelijk is. Uitgaande van een CO₂-vrij warmtenet op termijn, blijft een elektraverbruik op woningniveau over die op gebiedsniveau opgewekt dient te worden.

3.3 Strategie 3. LT all-electric met verdergaande vraagbeperking

De charme van all-electric zit in de mogelijkheid om de gevraagde opwekking te combineren met lokale opwekking van elektriciteit: PV op het dak en een warmtepomp voor het tapwater, verwarming en eventueel koeling. Maar er wordt dan genegeerd dat deze oplossing stevig leunt op de saldering van opwek en energievraag via het elektriciteitsnet over het jaar. Ook lokale opslag met accu's kan deze seizoensongelijkheid niet oplossen, hoe zinvol de accu's ook worden voor het oplossen van de vergelijkbare dag/nacht-cyclus.



Figuur 18: Verschiede opties voor all-electric

Daarbij komt dat we bij toepassing van de all-electric route in de dagelijkse praktijk worden geconfronteerd met allerlei oplossingen die haaks staan op het beoogde doel: CO₂-vrij en een fossielvrije energievoorziening voor de gebouwde omgeving. De twee te vaak gemaakte fouten:

- onvoldoende isolatie en/of
- een gemakzuchtige keuze voor de warmteopwekking.

Onvoldoende isolatie zorgt voor een blijvend grote energiebehoefte. Als die in het stookseizoen elektrisch wordt opgewekt, gebeurt dat met fossiele energie tegen een ongunstig rendement. De CO₂-uitstoot stijgt dan ten opzichte van een oplossing met een lokale HR-aardgasketel, ondanks de volledige saldering met een dak vol PV. Iets soortgelijks is in Duitsland te zien: ondanks 30% duurzame opwekking met zon en wind is de CO₂-uitstoot op landelijk niveau gestegen door de inzet van steenkool en bruinkool in de winterperiode.

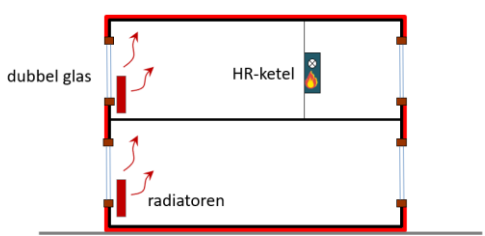
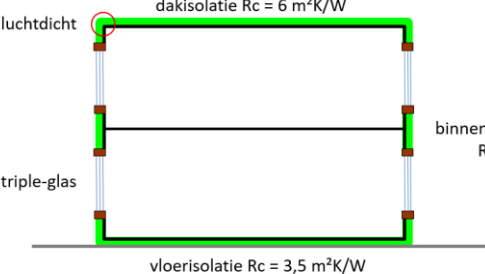
Vraagbeperking is hierin essentieel. Vraagbeperking krijgt in de huidige polemieken te weinig aandacht, hoewel het in de meeste studies over de aanpak van de gebouwde omgeving een expliciete randvoorwaarde is. Isolatie is niet populair: het is ingrijpend en daarmee veelal belastend voor bewoners. Het is echter een absolute voorwaarde. Want de mogelijkheden voor opwekking en opslag van duurzame energie zijn, zelfs in de meest optimistische scenario's, een beperkt percentage van de huidige jaarlijkse

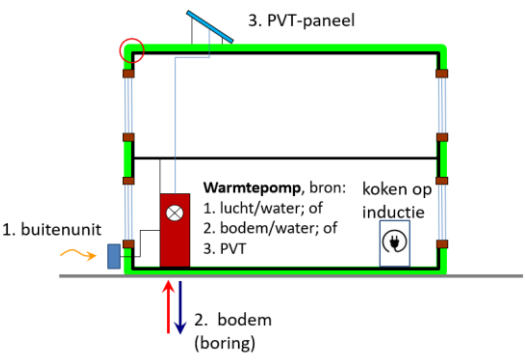
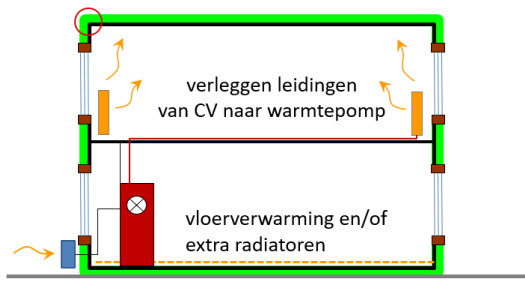
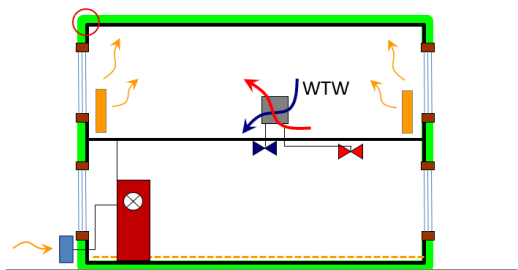
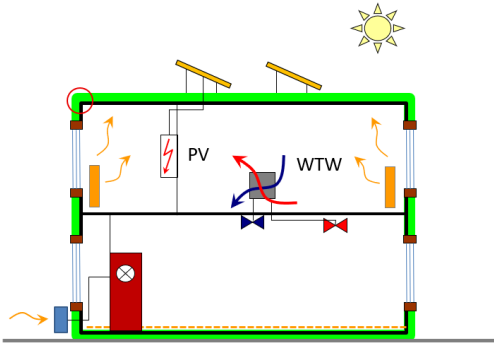
energiebehoefte van de gebouwde omgeving. 30% lijkt een realistisch getal. Dat wil zeggen dat we de totale energiebehoefte van onze gebouwen moeten beperken met 70%.

Voor- en nadeel van elektrische verwarming

Het tweede probleem met all-electric is de verleiding om voor de opwekking te kiezen voor elektrische verwarming. Elektrische radiatoren en infrarood-verwarming zijn populair. Ten opzichte van opwekking met een warmtepomp is de noodzakelijke investering uitermate gunstig. De techniek is simpel, het ruimtebeslag gering. Maar als zaken te mooi zijn om waar te zijn, dan zijn ze meestal ook niet waar. Hoewel een rendement van 100% gunstig lijkt, moet dat vergeleken worden met circa 400% voor verwarming en 175-200% voor tapwater die een warmtepomp realiseren.

De keerzijde van de inzet van elektrische verwarming? De CO₂-stijging is ronduit zorgwekkend ondanks de 2 dakvlakken vol PV. Want die 4x zo grote elektriciteitsbehoefte in het stookseizoen wordt fossiel opgewekt tegen het ongunstige rendement van de kolen- of gascentrale. Alle gevolgen voor het elektriciteitsnet laten we voor het gemak buiten beschouwing. Daarbij komt dat met deze oplossing de afhankelijkheid van de salderingsregeling stijgt, met hoge energielasten voor de eindgebruiker als resultaat.

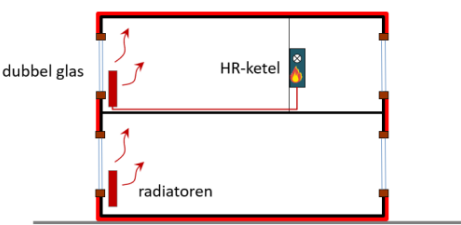
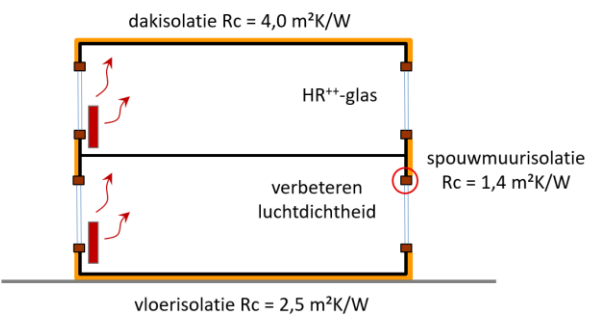
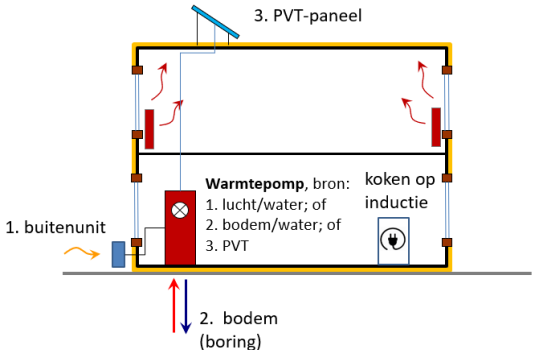
0. referentie	
 dubbel glas HR-ketel radiatoren	De bestaande woning wordt veelal gekenmerkt door een ongeïsoleerd of matig geïsoleerde woning met gasaansluiting.
1. Thermische schil	
 dakisolatie $R_c = 6 \text{ m}^2\text{K/W}$ luchtdicht triple-glas binnen/buitengevelisolatie $R_c = 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ vloerisolatie $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$	Om het vermogen van een warmtepomp te beperken en om een comfortabele woning te realiseren is isolatie op het niveau nieuwbouw wenselijk.
2. Opwekker + koken	

	Voor all-electric zijn verschillende opwekkers beschikbaar. In dit stappenplan wordt een warmtepomp voorgesteld, waarbij de bron kan variëren: bodem, buitenlucht of zonne-energie. Daarnaast vindt een wijziging plaats van koken op aardgas naar koken op inductie.
3. Afgiftesysteem	
	Bij vrijwel alle woningen komt de positie van de CV-ketel niet overeen met de positie van de warmtepomp. Dit betekent het verleggen van leidingen vanaf de CV-ketel richting de warmtepomp. Daarnaast is afhankelijk van het temperatuurtraject en schil extra verwarmingscapaciteit nodig.
4. Ventilatiesysteem	
	Uit het oogpunt van comfort en vermindering van het transmissieverlies heeft een gebalanceerd ventilatiesysteem met warmteterugwinning de voorkeur. Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer is mogelijk maar vraagt een groter opgesteld vermogen en vraagt met een laag temperatuursysteem aandacht voor comfort.
5. Zonne-energie	
	Om het elektraverbruik te compenseren kan gebruik worden gemaakt van zonne-energie. Het is een utopie dat dit voor alle woningen NOM mogelijk is. Er blijft elektraverbruik op woningniveau over die op gebiedsniveau opgewekt dient te worden.

3.4 Strategie 4. MT-warmtepomp met beperkte vraagbeperking

Uit het oogpunt van betaalbaarheid vormt strategie 3 door de vraagbeperking en wijziging afgiftesysteem een hoge investering. Een alternatief vormt een MT-warmtepomp die op midden temperaturen kan functioneren. Een hoge temperatuur betekent namelijk dat het bestaande afgiftesysteem gebruikt kan worden met een thermische schil op het niveau van energielabel A.

Kanttekening hierbij is dat de woning aardgasvrij maar nog niet CO₂-neutraal. Door het vraag beperken uit te stellen verbruikt de zeer efficiënte warmtepomp in de jaren zonder vraagbeperking veel energie.

0. referentie	
	De bestaande woning wordt veelal gekenmerkt door een ongeïsoleerd of matig geïsoleerde woning met gasaansluiting.
1. Thermische schil	
	Bij een MT-warmtepomp de thermische schil verbeteren door vloer-, gevel- en dakisolatie, glasvervanging en het verbeteren van de luchtdichtheid.
2. Opwekker MT + koken	
	Aanbrengen MT-warmtepomp waarbij de bron kan variëren: bodem, buitenlucht of zonne-energie. Daarnaast vindt een wijziging plaats van koken op aardgas naar koken op inductie.
3. Afgiftesysteem / verleggen leidingen	

	Het afgiftesysteem (HT-radiatoren) grotendeels handhaven, afhankelijk van de thermische schil extra verwarmingscapaciteit bij plaatsen. De positie van de CV-ketel komt veelal niet overeen met de positie van de warmtepomp. Dit betekent het verleggen van leidingen vanaf de CV-ketel richting de warmtepomp.
--	--

3.5 Strategie 5. Hybride / waterstof met beperkte vraagbeperking

Voor hybride installaties zoals een CV-ketel in combinatie met een warmtepomp of toekomstige oplossingen met waterstof is isolatie eveneens een eerste stap. Vervolgens kan stapsgewijs de volgende wijzigingen worden doorgevoerd: een alternatief voor aardgas, afgiftesysteem, ventilatie en zonne-energie.

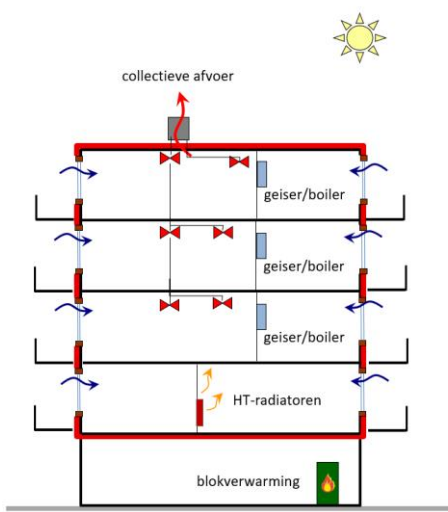
0. referentie	De bestaande woning wordt veelal gekenmerkt door een ongeïsoleerd of matig geïsoleerde woning met gasaansluiting.
1. Thermische schil	Bij hybride systemen of waterstof blijft vraagbeperking nodig met het oog op een CO₂-vrije gebouwde omgeving.
2. Opwekker hybride/waterstof + koken	

Hybride WP / CV OF waterstof-ketel koken op inductie waterstof	Aanbrengen hybride warmtepomp/CV-ketel of waterstofketel. De optie waterstof ketel is in de periode < 2030 nog geen alternatief. Daarnaast vindt een wijziging plaats van koken op aardgas naar koken op inductie.
3. Afgiftesysteem	
Hybride WP / CV OF waterstof-ketel koken op inductie waterstof	Eventueel het verleggen van leidingen vanaf de CV-ketel richting de hybride CV/WP of waterstof ketel. De optie waterstof ketel is in de periode < 2030 nog geen alternatief. Daarnaast is afhankelijk van het temperatuurtraject en schil extra verwarmingscapaciteit nodig.
4. Ventilatiesysteem	
mv CO₂ waterstof	Voor een goed binnenklimaat is ventilatie essentieel. Bij een hybride oplossing is natuurlijke toevoer en mechanische afvoer in combinatie met een hoog/midden temperatuur mogelijk. Het verminderen van het transmissieverlies van ventilatie door (decentrale)gebalanceerde ventilatie vormt een optie.
5. Zonne-energie	
PV mv CO₂ waterstof	Om het elektraverbruik te compenseren kan gebruik worden gemaakt van zonne-energie. Het is een utopie dat dit voor alle woningen mogelijk is.

3.6 Gestapelde bouw

In de hiervoor genoemde strategieën zijn voorbeelden opgenomen van grondgebonden woningen. In de gestapelde bouw zijn de volgende verschillen te onderscheiden:

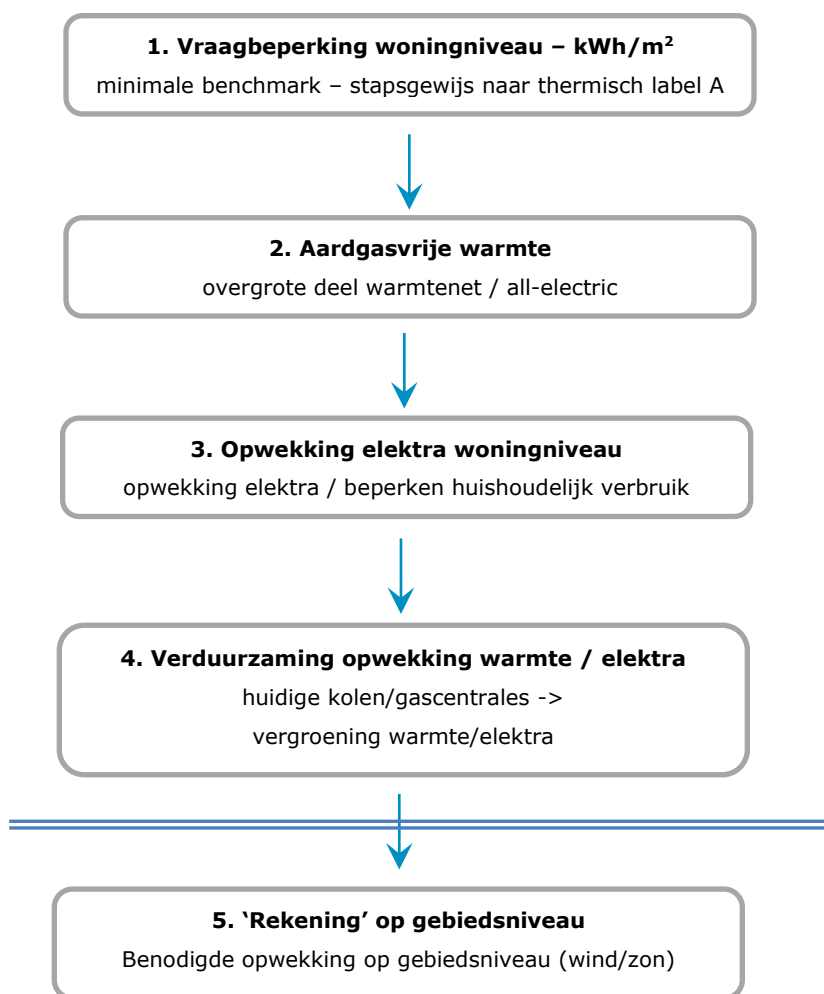
- Collectieve deelname is essentieel in de aanpak van de bouwkundige en installatietechnische voorzieningen. Dit is in de stapsgewijze aanpak een cruciaal verschil met de grondgebonden woningen.
- Veel bestaande woongebouwen zijn nu voorzien van blokverwarming met een individuele opwekker van warmtapwater (geisers/elektrische boilers) of er is sprake van individuele CV-ketels. In beide situaties vraagt de overgang naar een collectieve WKO of HT/MT-warmtenet meer maatregelen dan bij een grondgebonden woningen. Houd rekening met bijvoorbeeld volledig nieuwe circulatieleidingen, schachten, opstelplaatsen, etc.
- Het aanbrengen van nieuwe installaties of doorvoeringen in de bestaande bouw heeft ook consequenties ten aanzien van akoestiek en brandveiligheid. Denk hierbij aan brandwerende doorvoeringen, installatiegeluid, etc.

Referentie	
	Woongebouwen met blokverwarming en individuele opwekking voor warmtapwater (geiser / elektrisch boiler)
Collectieve WKO met boosterwarmtepomp	

	Een collectieve WKO met laag temperatuurverwarming en een secundaire opwekker in de appartementen vraagt: - circulatieleidingen / aanpassingen van schachten - opstelplaats voor warmtapwater - aanpassen leidingwerk in woning, positie opwekker warmtapwater
HT-warmtenet	
	Het woongebouw aansluiten op een warmtenet vraagt: - positie afleverset in de appartementen - aanpassing leidingwerk in woongebouw

Hoofdstuk 4 Routeplan (bijna) CO₂-vrije stad

In het vorige hoofdstuk zijn maatregelen benoemd op woningniveau. Met alleen maatregelen op gebouwniveau ontstaat geen CO₂-vrije stad. In onderstaand overzicht is een aanpak opgenomen om aan te geven welke mogelijkheden er zijn op gebouw- en gebiedsniveau. In de volgende paragrafen worden de stappen toegelicht.



De volgende vijf stappen worden voorgesteld:

1. Werk naar een minimale benchmark qua vraagbeperking. In paragraaf 4.1 is een minimale vraagbeperking afhankelijk van het temperatuurtraject voor verwarming opgenomen.
2. Het alternatief voor aardgas bepaalt mede de maatregelen qua vraagbeperking en daarmee ook de investering die per woning benodigd is. Voor de 13 woningtypen is een indicatie gegeven van de investeringskosten.
3. Gebruik het dakvlak voor de opwekking van elektra.
4. De uiteindelijke CO₂-uitstoot op woningniveau is mede afhankelijk van de verdere verduurzaming van het elektranet en de warmtelevering.
5. De hiervoor genoemde stappen bepalen uiteindelijk welke maatregelen op gebiedsniveau benodigd zijn om te komen tot een CO₂-vrije gebouwde omgeving. Kortweg datgene wat niet op gebouwniveau gerealiseerd wordt levert een CO₂-opgave op voor het gebied.

In onderstaande paragrafen worden de vijf stappen nader toegelicht.

4.1 Vraagbeperking woningniveau

Het verminderen van de warmtevraag is een belangrijke eerste stap in de energietransitie. Hoe lager de warmtevraag van de woningen, hoe meer woningen verwarmd kunnen worden met dezelfde hoeveelheid duurzame warmte, duurzame elektriciteit of hernieuwbaar gas. Geen van die bronnen is ongelimiteerd beschikbaar in Rotterdam, we hebben een combinatie van warmtescenario's nodig. Bovendien zorgt isoleren voor een lagere piekvraag, wat voordelig is in het ontwerp van de energie-infrastructuur en dus de betaalbaarheid op de langere termijn.

Vanuit de overlegsessies met de gemeente Rotterdam komt naar voren dat het treffen van betaalbare isolatiemaatregelen die samen kunnen vallen op natuurlijke onderhoudsmomenten essentieel zijn. Een vraagbeperking op het niveau nieuwbouw/NOM is energetisch wenselijk maar niet realistisch vanuit het oogpunt van betaalbaarheid.

Vandaar dat er voor de warmtevraag een thermisch label A is vastgesteld als ondergrens, deze is benodigd voor een midden temperatuursysteem. Het isoleren van een woning die aangesloten wordt op een midden temperatuurnet is nodig uit het oogpunt van beperken energielasten en in sommige gevallen om een voldoende vermogen te hebben om de woning te kunnen verwarmen al dan niet in combinatie met extra radiatoren. Daarnaast is een tweede concept met een verdergaande vraagbeperking voorgesteld op het niveau nieuwbouw voor een laag temperatuursysteem. Deze richtlijn thermisch label A kan stapsgewijs in de loop van de tijd worden bereikt.

Tabel 2: Voorgestelde streefwaarden no-regret: warmtevraag

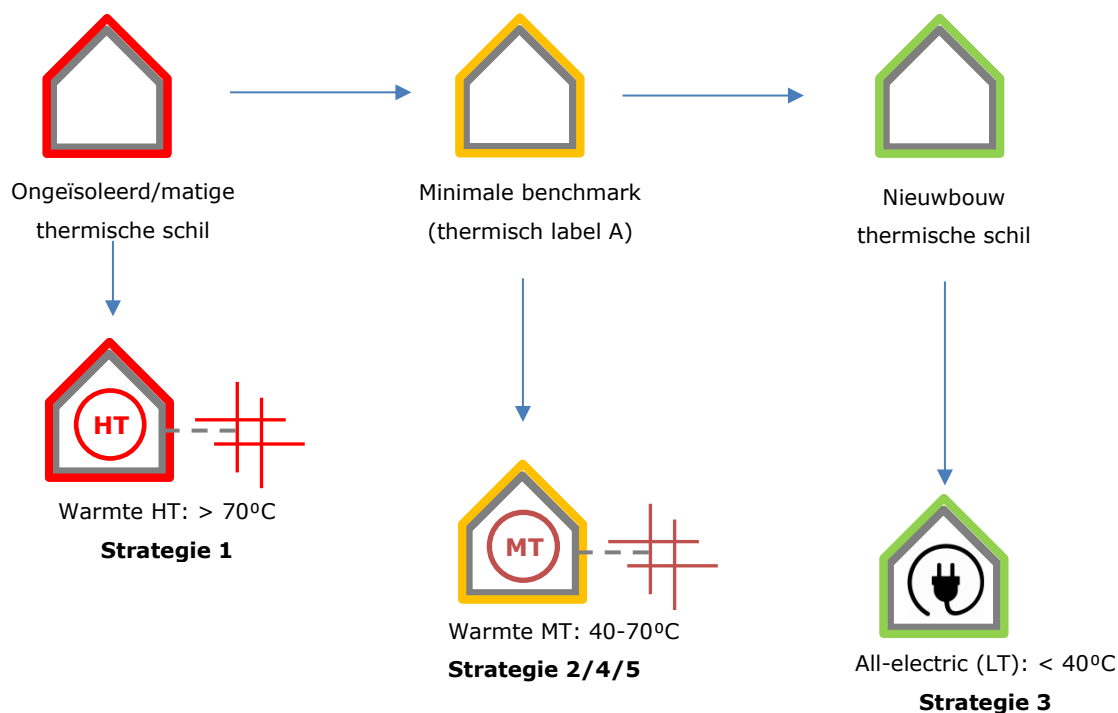
Eis op woningniveau		
	HT/MT-systemen	LT-systeem
Maximale warmtebehoefte		
Hoekwoning	≤ 70 kWh/m²	≤ 40 kWh/m²
Tussenwoning	≤ 60 kWh/m²	≤ 40 kWh/m²
Hoekappartement	≤ 80 kWh/m²	≤ 40 kWh/m²
Tussenappartement	≤ 60 kWh/m²	≤ 40 kWh/m²
Beschermd stadsgezicht	Geen richtlijn (te projectspecifiek)	
Componenteisen		
	HT/MT-systemen	All-electric
		
	Thermisch label A	Nieuwbouw
Bouwkundige kenmerken		
Begane grondvloer	$R_c \geq 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c \geq 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
Gevel	$R_c \geq 1,4 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c \geq 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
Dak	$R_c \geq 4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c \geq 6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
Glasopeningen	Minimaal HR ⁺⁺ -glas	Minimaal triple-glas
Infiltratie	$q_{v,10} \leq 0,6 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	$q_{v,10} \leq 0,4 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$
Installatietechnische kenmerken		
Ventilatieprincipe	C4a. Natuurlijke toe- en mechanische afvoer (of beter)	D2. gebalanceerde ventilatie met WTW (of beter)

Wij stellen voor om de minimale thermische kwaliteit op twee niveaus te definiëren:

1. Op woningniveau (streefwaarde maximale warmtebehoefte in kWh/m²)
2. Op componentniveau (vloer, gevel, dak niveau)

Een streefwaarde op woningniveau is nodig om te voorkomen dat aan alle componenten van een woning een eis gesteld moet worden. Een eis op componentniveau is nodig om ervoor te zorgen dat de woning evenwichtig wordt verbeterd. Zonder een eis op componentniveau kan er bijvoorbeeld voor gekozen worden alleen het dak te isoleren en de rest van de woning ongeïsoleerd/slecht geïsoleerd uit te voeren. Die situatie is ongewenst. Overigens wordt niet aan de streefwaarde op woningniveau voldaan op het moment dat er uitsluitend invulling wordt gegeven aan de componenten, een vermindering van het transmissieverlies van ventilatie is ook essentieel. In tabel 2 zijn de voorgestelde eisen/streefwaarden opgenomen.

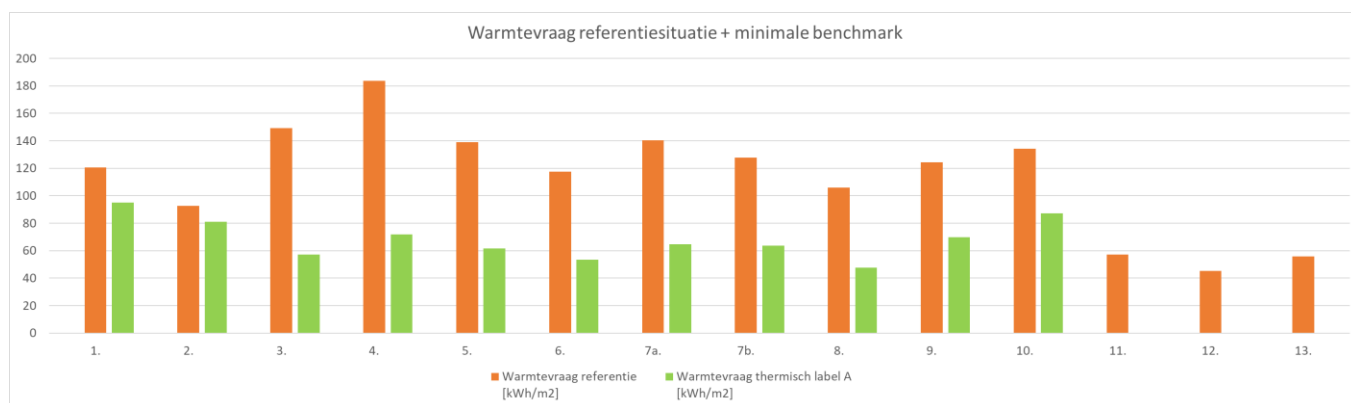
Door deze onderverdeling in twee niveaus qua vraagbeperking ontstaat een verdeling in laag-, midden- en een hoog temperatuursysteem. Deze onderverdeling is gekoppeld aan de vijf strategieën, zie volgende figuur.



Figuur 19: Vraagbeperking in combinatie met temperatuurtraject verwarming

Warmtevraag per woningtype

Voor de dertien woningtypen is er gekeken naar het effect van vraagbeperking naar thermisch label A, zie daarvoor figuur 20 en de tabellen in bijlage 3.



Figuur 20: Afname warmtevraag per woningtype bij minimale benchmark

De warmtevraag is bepaald op basis van de bepalingsmethode NEN 7120. Het nadeel van rekenprogramma's is dat het huidige energieverbruik wordt overschat, vandaar dat er op basis van kennis en ervaring een reductie van het berekende energieverbruik plaatsvindt. In figuur 20 is een grafiek weergegeven met de reductie van de warmtevraag, uitgaande van thermisch label A. Twee opmerkingen daarover:

- Voor de eerste twee woningtypen zijn niet alle energiebesparende maatregelen toegepast, vanwege het bouwjaar/monumentale status. Als gevolg van het ontbreken van een spouwmuur is bijvoorbeeld geen spouwmuurisolatie toegepast.
- Voor de woning na 1990 is verondersteld dat de thermische schil en het ventilatiesysteem op het niveau thermische isolatie label A is.

Des te meer er gedaan wordt aan vraagbeperking des te lager de piekvraag, wat voordelig is in het ontwerp van de energie-infrastructuur en dus de betaalbaarheid op de langere termijn en des te minder CO₂-compensatie benodigd is op gebiedsniveau.

Tabel 3: Warmtevraag referentiesituatie en minimale benchmark – thermisch label A

Woningtype		Warmtevraag huidig [kWh/m ²]	Warmtevraag bij thermisch label A [kWh/m ²]
1. Tussen-tussen portiekwoning – 1889 ¹⁾		120,6	95,1
2. Beneden-tussen portiekwoning – 1925 ¹⁾		92,6	81
3. Tussen rijwoning – 1928		149,1	57,3
4. Tussen-tussen portiekwoning - '30		183,5	71,7
5. Tussen-tussen portiekwoning - '30		139,0	61,7
6. Tussen-tussen portiekwoning - '50		117,6	53,3
7a. Tussen rijwoning - '60/'70		140,3	64,7
7b. Tussen rijwoning - '60/'70		127,7	63,7
8. Tussen-tussen portiekwoning - '60		105,8	47,7
9. Hoek-boven galerijwoning - '70		124,3	69,8
10. Hoek-boven appartementen - '80		134,2	87,1
11. Tussen rijwoning - '90 ²⁾		57,2	Geen maatregelen

12. Hoek-tussen appartementen - '00 ²⁾		45,4	Geen maatregelen
13. Tussen rijwoning - '00 ²⁾		55,84	Geen maatregelen

1. De monumentale woningen / beschermd stadsgezicht kunnen niet voorzien worden van alle maatregelen behorend bij de minimale benchmark (thermisch label A). Spouwmuurisolatie of isolatie aan de binnenzijde is niet altijd mogelijk/toegestaan. Vandaar dat bij deze woningen niet alle maatregelen zijn toegepast.

2. De varianten zijn voorzien van de minimale benchmark (thermisch label A) qua vraagbeperking, met uitzondering van de woningen van na 1990. De woningen zijn reeds voorzien een redelijke tot goede thermische schil. Het ventilatiesysteem is in deze woningtypen wel verbeterd/vervangen door een systeem met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer.

4.2 Aardgasvrije warmte

Om meer gevoel te krijgen bij de CO₂-emissie van de woning in relatie tot vraagbeperking en de overgang naar een all-electric concept / warmtelevering zijn verschillende alternatieven voor aardgas doorgerekend. Voor de dertien woningtypen is onderscheid gemaakt in de volgende warmtescenario's, waarbij is uitgegaan van thermisch label A, met uitzondering van scenario 6 (warmtepomp-LT) daar is uitgegaan van een thermische schil op nieuwbouwniveau:

0. Huidig op basis van gasconcept
1. IR-panelen + elektrische boiler
2. Warmtepomp-MT
3. Warmtepomp-LT
4. Warmtenet-HT
5. Warmtenet-MT + booster warmtepomp
6. Hybride WP/CV

Toelichting rekenmethodiek

Om de CO₂-reductie te concretiseren is gekeken naar de huidige CO₂-uitstoot op basis van het gas- en electraverbruik op postcode niveau. Vervolgens is een vergelijking gemaakt met de CO₂-uitstoot bij verschillende verwarmingsconcepten. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd voor de berekening van de CO₂-uitstoot:

- het gebouwgebonden verbruik is bepaald op basis van NEN 7120;
- de CO₂-uitstoot is bepaald in combinatie met een thermische schil die stapsgewijs gaat naar thermisch label A.
- Voor warmtelevering en elektralevering is gerekend met de huidige rendementen. Dit betreft 39% voor het opwekkingsrendement van de elektriciteitscentrale en voor de warmtelevering in Rotterdam Zuid een opwekkingsrendement voor verwarming en warmtapwater van 202,5%.
- PV-panelen zijn in deze weergave buiten beschouwing gelaten, omdat de mogelijkheden hiervoor per woningtype sterk verschillen. Een woning met dakkapel kan namelijk minder PV-panelen toepassen dan een woning met volledig dakvlak ter beschikking. Vandaar dat de opwekking van

elektra op een groter schaalniveau wordt beoordeeld dan op woningniveau, zie volgende paragraaf.

- Voor het huishoudelijk energieverbruik is het werkelijk elektraverbruik op postcodeniveau aangehouden.
- Voor de CO₂-emissie is uitgegaan van elektra 0,53 kg CO₂/kWh, voor aardgas 1,8 kg CO₂/m³ en voor warmtelevering (afvalverbrandingsinstallatie) 26,49 kg CO₂/GJ (bron: CO₂emissiefactoren)

Een volledig overzicht met rekenresultaten is opgenomen in bijlage 3. In figuur 21 is een voorbeeld opgenomen van de CO₂-reductie per warmtescenario bij woningtype 7a (tussenwoning).



Figuur 21: CO₂-reductie per warmtescenario (fragment woningtype 7a)

Uit de resultaten van de verschillende warmtescenario's komt het volgende naar voren:

- Elektrische weerstandsverwarming en elektrische boilers hebben op basis van de uitgevoerde berekeningen de hoogste CO₂-emissie als gevolg. Hierbij is geen rekening gehouden met de positieve effecten van verwarmingssnelheid en zoneverdeling. In de praktijk kan bij een bewust gebruik, alleen ruimte waarin iemand aanwezig is en onder de juiste randvoorwaarden (tijdgestuurde elektrische radiatoren met koudeval detectie, goede thermische schil, etc.) de CO₂-emissie lager zijn.

- Bij het warmtenet is er sprake van een lagere CO₂-emissie. Bij een MT-warmtenet stijgt de CO₂-emissie doordat er een secundaire opwekker voor tapwater moet worden toegepast. Opgemerkt wordt dat een midden-temperatuursysteem naar verwachting een gunstiger rendement oplevert. Dit is vooralsnog niet gewaardeerd in de berekening.
- Voor de warmtepomp-LT is gerekend met een thermische schil op nieuwbouwniveau. Voor de overige varianten is gerekend met een thermisch label A. Dit effect is verwerkt in de grafieken en is bij de vergelijking van de concepten van belang.

Indicatie investering op woningniveau

De afname in warmtevraag richting thermisch label A vergt afhankelijk van het woningtype, bouwkundige en installatietechnische voorzieningen een aanzienlijke investering. In tabel 3 is een indicatieve investering per woningtype weergegeven. De investeringen zijn ontleend aan gegevens van de Woonwijzerwinkel, conform opgave bijlage 3. Voor de berekening van de investeringskosten gelden de volgende uitgangspunten:

- Er komen diverse woningtypen voor, zoals tussenwoningen/hoekappartementen met dak waardoor de kosten verschillen. Een hoekwoning met dak vraagt om een hogere investering dan een tussenappartement. In de praktijk worden deze kosten door een vereniging van eigenaren (VvE) vereffend. Deze vereffening is niet in de berekening opgenomen.
- Niet alle maatregelen zijn mogelijk bij de monumentale woningen. Een voorbeeld hiervan is spouwmuurisolatie of glasvervanging/ventilatie waardoor de kosten aan de lage kant liggen. Worden deze maatregelen wel getroffen dan nemen de kosten toe.
- In de bepaling voor de investering is er vanuit gegaan dat elke woning is aangesloten op aardgas.
- Voor de grondgebonden woningen en gestapelde bouw is rekening gehouden met een vaste post voor manuren, steigers, afwerking in de woning van leidingen en schachten etc. van €4.000,- per woning.

Tabel 4: Indicatieve investeringen HT-warmtenet, MT-warmtenet en LT-warmtepomp per woning

Woningtype		Total investering thermische label A + HT-warmtenet	Total investering thermisch label A + MT-warmtenet	Total investering nieuwbouwniveau + LT-warmtepomp	
1.	Tussen-tussen portiekwoning - 1889		€ 17.755,-	€ 21.755,-	€ 49.976,-
2.	Beneden-tussen portiekwoning - 1925		€ 21.630,-	€ 25.630,-	€ 80.541,-
3.	Tussen rijwoning - 1928		€ 24.723,-	€ 28.723,-	€ 69.867,-
4.	Tussen-tussen portiekwoning - '30		€ 18.002,-	€ 22.002,-	€ 46.214,-
5.	Tussen-tussen portiekwoning - '30		€ 19.192,-	€ 23.192,-	€ 58.064,-

6.	Tussen-tussen portiekwoning - '50		€ 16.756,-	€ 20.756,-	€ 43.307,-
7a.	Tussen rijwoning - '60/'70		€ 23.556,-	€ 27.556,-	€ 57.759,-
7b.	Tussen rijwoning - '60/'70		€ 22.113,-	€ 26.113,-	€ 63.129,-
8.	Tussen-tussen portiekwoning - '60		€ 19.592,-	€ 23.592,-	€ 61.736,-
9.	Hoek-boven galerijwoning - '70		€ 32.317,-	€ 36.317,-	€ 81.194,-
10.	Hoek-boven appartementen - '80		€ 34.525,-	€ 38.525,-	€ 84.867,-
11.	Tussen rijwoning - '90		€ 13.850,-	€ 17.850,-	€ 29.693,-
12.	Hoek-tussen appartementen - '00		€ 13.850,-	€ 17.850,-	€ 32.731,-
13.	Tussen rijwoning - '00		€ 11.000,-	€ 15.000,-	€ 27.190,-

Indicatie investering op stadniveau

Om een indicatie te geven van de investering van deze energietransitie op stadniveau zijn de dertien woningtypen grofweg gekoppeld aan de 300.000 woningen die de stad Rotterdam heeft. Voor de indeling is bouwjaarclassen en percentage woningen is gebruik gemaakt van gegevens van de gemeente Rotterdam. Voor de volgende strategieën is een indicatie van de totale investering voor de gehele woningvoorraad in Rotterdam in tabel 4 opgenomen:

- Thermisch label A + HT-warmtenet
- Thermisch label A + MT-warmtenet
- Thermische schil nieuwbouw + LT-warmtepomp

Een volledig overzicht per woningtype is opgenomen in de bijlage 3.

Tabel 5: Totale investeringen stadniveau HT-warmtenet, MT-warmtenet en LT-warmtepomp

Woningtype	Total investering thermische label A + HT-warmtenet	Total investering thermisch label A + MT-warmtenet	Total investering nieuwbouwniveau + LT-warmtepomp
Totaal	€6.758 mln	€7.958 mln	€18.053 mln

Als de maatregelen gekoppeld worden aan het totale woningbezit ontstaan er uiteraard enorme investeringen. Dit onderstreept de keuze voor een stapsgewijze aanpak over meerdere jaren. Voor wat betreft de indicatieve uitkomsten:

- De stijging tussen de investeringskosten van een HT-warmtenet naar een MT-warmtenet wordt bepaald door de secundaire opwekker voor warmtapwater.

- De stap naar een LT-warmtepomp is fors en verklaarbaar door de hoge investering in de thermische schil naar nieuwbouwniveau.

4.3 Opwekking elektra woningniveau

Eén van de weinige middelen om in dichtbebouwde gebieden energie op te wekken is door PV-panelen op het dak te plaatsen. Om de vraag naar energie op gebiedsniveau te beperken is de inzet van elektra opwekking op woningniveau essentieel. Gezien de dichtbebouwde gebieden, de geschiktheid van het dakvlak en het aandeel hoogbouw verwachten wij dat maximaal 15% van de daken binnen de gemeente Rotterdam geschikt zijn om te voorzien van PV-panelen. De gemeente kan dit percentage door bijvoorbeeld een financieringsconstructie verhogen.

Naast opwekking van elektra is het verminderen van de elektravraag ook essentieel. Het vervangen van verouderde huishoudelijke apparatuur, afname van standby verliezen etc. kan voor een belangrijke vraagbeperking in elektriciteitsgebruik zorgen. De voorlichting en aandacht die bijvoorbeeld een energiecoach/wijkbeheerder hierin verricht draagt veelal meer bij dan het plaatsen van PV-panelen.



Figuur 22: Geschiktheid van dakvlak voor PV-panelen is woning specifiek

Rotterdam heeft ten opzichte van andere steden een relatief hoog aandeel platte daken. Dat komt door de wederopbouw van de stad in de jaren vijftig. In totaal heeft de gemeente Rotterdam circa achttien vierkante kilometer aan dakvlak (bron: gemeente Rotterdam/Sobolt). Grofweg is de volgende onderverdeling te maken in dakvorm:

- Aandeel platte daken: circa 14,0 vierkante kilometer
- Aandeel hellende daken: circa 4,0 vierkante kilometer

Er vanuit gaande dat maximaal 15% geschikt is voor het opwekken van elektra kan circa 15% x 18 vierkante kilometer dakvlak: 2,7 vierkante kilometer worden benut. Dit komt overeen met 1.687.500 PV-panelen die circa 220 kWh/paneel opwekken. Per kWh opgewekte zonne-energie komt 0,53 kg CO₂ minder terecht in de atmosfeer. Dit komt overeen met een reductie van circa 1.687.500 x 220 x 0,53 kg CO₂/kWh = 196.762.500 kg CO₂ per jaar. De productie van zonnepanelen kost natuurlijk ook energie en zorgt dus ook voor CO₂-uitstoot. Dit is in deze berekening niet meegenomen.

4.4 Verduurzamen warmtenet / elektriciteitsnet

Een belangrijke factor voor het maken van de balans qua CO₂-verbruik op gebouwniveau en gebiedsniveau vormt de verdere verduurzaming van het warmtenet en elektriciteitsnet.

Rotterdam heeft ca. 300.000 woningen. Deze woningen stoten gemiddeld 4.900 kg CO₂ uit per jaar. Dit resulteert in een totale uitstoot van CO₂ van 1,5 mln ton CO₂ op jaar basis.

Momenteel is het warmtenet van Rotterdam voor 60%¹ duurzaam en het landelijke elektriciteitsnet voor 6%² duurzaam. Daarmee is het doel van een CO₂-neutrale stad nog niet in zicht.

Om het doel CO₂-neutraliteit te behalen zijn er twee opties:

1. Alle woningen individueel CO₂-neutraal
2. Alle energie CO₂-neutraal opwekken

De eerste twee opties zijn niet haalbaar. De conclusie uit eerdere hoofdstukken is dat niet alle woningen CO₂-neutraal kunnen worden. Dit is technisch en financieel niet haalbaar.

Als alle energie die nu gebruikt wordt groen opgewekt moet worden zijn er ca. 2.900 windmolens van 2,3 MW nodig. Gezamenlijk hebben deze een vermogen van 6.700 kW. Ter vergelijking, de branchevereniging windenergie (NWEA) begroot de totale capaciteit voor heel Zuid Holland op ca. 1.000 kW. Deze optie is daarmee ook onhaalbaar.

Een derde optie is de combinatie van optie 1 en 2. Er is een enorme besparing mogelijk op woningniveau. Dit kan door beter te isoleren en energie in de woning efficiënter te gebruiken. Hierbij wordt er energie bespaard, maar er blijft een energievraag over die CO₂-neutraal opgewekt moet worden. Hoe groot deze is, hangt af van het woningtype en bouwjaar. Woningen die nu nieuw gebouwd worden stoten veel minder CO₂ uit dan woningen die gerenoveerd gaan worden. Simpelweg omdat de kosten voor renovatie naar nieuwbouw niveau te hoog zijn.



Gebouw – CO₂ reductie



Gebied – CO₂ reductie

Figuur 23: CO₂-reductie gebouw versus gebiedsniveau

¹ Bron: CBS 2016 voor heel Nederland

² Bron: AVR, 2018

4.5 Gebiedsniveau

Afhankelijk van de mate van verduurzaming op woningniveau (vraagbeperking/opwekking elektra op eigen woning) en de verdere verduurzaming van het warmtenet en elektriciteitsnet blijft er een CO₂-compensatie over op gebiedsniveau. Uit de voorgaande paragraaf blijkt dat het treffen van maatregelen op gebiedsniveau noodzakelijk zijn, aangezien een volledig 100% CO₂-vrije woning voor de gehele stad niet realistisch is. In de gemeente Rotterdam is onder andere ruimte voor PV-panelen, windenergie en warmte.

Vraagbeperking woningen

Door isolatie van woningen wordt de warmtevraag beperkt, en daarmee ook de CO₂-uitstoot. Uit de analyse in hoofdstuk 4.1 blijkt dat het maximaal haalbare niveau van isolatie "thermisch label A" is. Met deze aanpak wordt ca. 40% van het gasverbruik voor verwarming bespaard. Gasverbruik voor tapwater blijft onveranderd. Totaal verbruikt een gemiddelde woning ca. 1600 m³ gas. 75% hiervan gaat gemiddeld op aan verwarming, de overige 25% wordt gebruikt voor tapwater en koken. De besparing door isolatie naar thermisch label A resulteert in 480m³ gas. Dit staat gelijk aan 900 kg CO₂. De totale besparing voor 300.000 woningen komt daarmee neer op 0,27 mln ton CO₂.jaar.

PV-panelen

De daken van de gemeente Rotterdam zijn voor ongeveer 15% geschikt voor PV-panelen. De opbrengst hiervan zorgt voor 0,2 mln ton CO₂ reductie. Zie ook hoofdstuk 4.3.

Wind

Rotterdam beschikt met het havengebied over een goede locatie voor windenergie. Op dit moment is er circa 200 MW aan winenergie opgesteld. Het havenbedrijf heeft een convenant ondertekend om voor 2030 nog eens 300 MW aan windenergie op te stellen. Een Windturbine van 3 MW voorkomt ca. 4.000 ton CO₂ uitstoot. Door deze extra opstelling van windenergie wordt er 400.000 ton CO₂ bespaard.

Warmtenet

Het warmtenet van de gemeente Rotterdam wordt op termijn 100% CO₂-neutraal. Als een woning wordt aangesloten op dit warmtenet is deze direct gasloos. Uitstoot door gas wordt hiermee vermeden. Het gemiddelde gasverbruik is 1600 m³ / woning en stoot circa 3000 kg CO₂ uit.

Wanneer 60% van de woningen op het warmtenet wordt aangesloten, is er een vermeden uitstoot van CO₂ van 575.000 ton.

Conclusie

De gebouwde omgeving heeft een CO₂-uitstoot van ca. 1,5 mln ton per jaar. Door toepassing van het warmtenet (-0,575 mln ton) en duurzame energie opwekking (-0,2 mln ton) blijft er ongeveer 500 mln ton CO₂ over. Grofweg is twee derde van de CO₂-reductie op woningniveau te realiseren en blijft er circa één derde van de opgave over op gebiedsniveau.

Tabel 6: Resumé stappen reductie CO₂

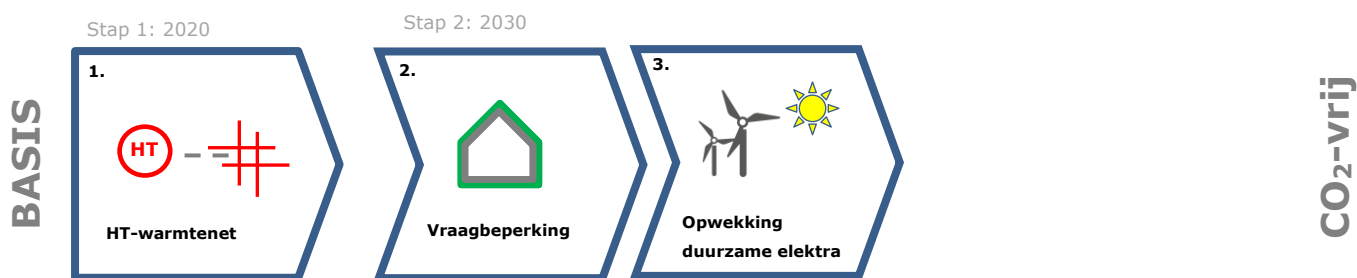
0.	Huidige CO ₂ -emissie	4.900 kg CO ₂ /woning x 300.000 woningen	1,5 mln ton CO₂.jaar
1.	Vraagbeperking woningniveau	300.000 woningen thermisch label A	-0,27 mln ton CO₂.jaar
2.	Aardgasvrije warmte	60% van woningen op CO ₂ -neutrale warmte	-0,575 mln ton CO₂.jaar
3.	Opwekking elektra woningniveau / vermindering huishoudelijk energie	15% vak dakvlak voorzien van PV-panelen	-0,2 mln ton CO₂.jaar
4.	Verduurzaming warmte / elektra	300MW windenergie	-0,4 mln ton CO₂.jaar
5.	Extra benodigd op gebiedsniveau voor de gebouwde omgeving		-0,055 mln ton CO₂.jaar
Streefwaarde CO ₂ -vrije gebouwde omgeving			0 kg CO₂

Hoofdstuk 5 Keuzekaarten op woningniveau

Voor de 13 verschillende woningtypen is overeenkomstig de strategieën uit hoofdstuk 2 een keuzekaart per woningtype weergegeven. De keuzekaarten zijn separaat aan de rapportage toegevoegd, in dit hoofdstuk wordt een voorbeeld weergegeven. Hierbij is voor elk woningtype een keuzekaart voor het warmtenet uitgewerkt, aangezien een groot deel van Rotterdam aan een warmtenet wordt gekoppeld. Het alternatief all-electric is per woninggroep uitgewerkt: grondgebonden, gestapeld, etc.

5.1 Strategie 1. HT-warmtenet zonder vraagbeperking

In de eerste stap vindt geen vraagbeperking plaats. De woning wordt van het aardgasnet afgesloten en op het warmtenet aangesloten. De stap richting CO₂-neutraliteit wordt later gemaakt, waarbij de aanpak van de thermische schil en de opwekking van duurzame elektra later kan plaatsvinden. De opwekking van elektra kan desgewenst eerder plaatsvinden, in dat geval is het raadzaam dit te combineren met verbetering van de warmteweerstand van het dak. Anders vormt het geen no-regret aanpak.

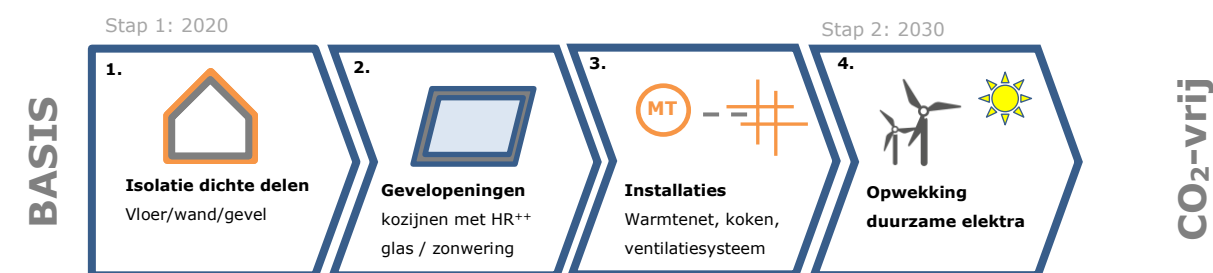


Figuur 24: Stapsgewijze aanpak - strategie 1

Het aansluiten op een HT-warmtenet ligt zeker voor het centrum van Rotterdam (dichtbebouwd) en gebieden met een beschermd stadsgezicht voor de hand. Voor de gebieden buiten het centrum vormt een MT-warmtenet een optie, de aandachtspunten hiervoor zijn in de volgende paragraaf opgenomen.

5.2 Strategie 2. MT-warmtenet met beperkte vraagbeperking

De tweede strategie MT-warmtenet (70 -40°C) begint met vraagbeperking naar thermisch label A. Vraagbeperking is nodig uit het oogpunt van betaalbaarheid, comfort en om te voorkomen dat de dimensionering van het afgiftesysteem en leidingdiameter richting de radiatoren te beperken. Zonder vraagbeperking is extra vermogen/radiatoren zondermeer nodig om de woning op dezelfde temperatuur te krijgen. Om warmtapwater te realiseren is een secundaire opwekker voor tapwater nodig om legionella te voorkomen.



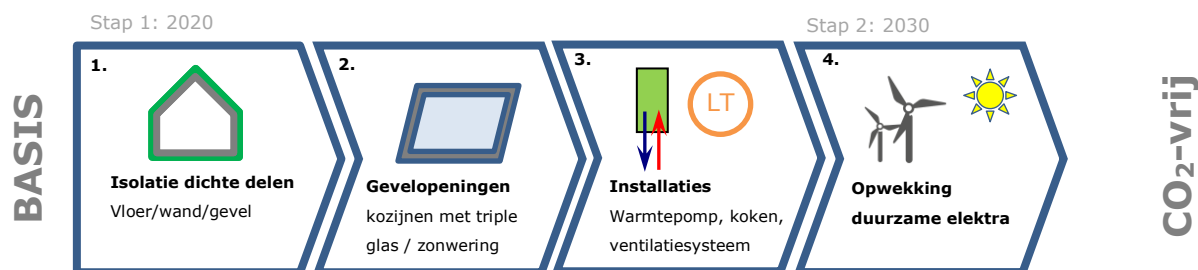
Figuur 25: Stapsgewijze aanpak - strategie 2

Bovenstaande route is voor alle dertien woningtypen vertaald in een keuzekaart, waarin per stap aandachtspunten, indicatieve kosten en opbrengsten staan vermeld, zie bijlage 4.

6. Portiekwoningen, jaren 50 Scenario: MT-Warmtenet – strategie 2 Karakteristieken In de jaren vijftig was de woningmooie groot in Rotterdam. Dit maakte een snelle productie van woningen noodzakelijk waardoor in deze periode meer gelief werd op kwaliteit dan op kwantiteit. Buiten het centrum van Rotterdam werden in de jaren vijftig nieuwe uitbreidingswijken aangelegd. Voorbeelden daarvan zijn de wijken Pampus, Lombardie en Zuidwijk, in het zuiden van de stad. Collectieve aanpak is voor dit woningtype nodig. Energieverbruik Gasverbruik: 940 m³/jaar Stroomverbruik: 1.941 kWh/jaar (verbruik op basis van portiekgel) De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontlenen worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek "stapsgewijze aanpak CO2-vrije woningen".	Stap 1: Isoleren dichte delen De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze portiekwoningen hebben veelal een kruipruimte, verdiepingvloeren van holle bakstenen, een spouwmuur en een matig/ongesoliseerd dak. Door deze te isoleren kan het warmteverlies teruggedrongen worden. - Vloerisolatie vanuit de kruipruimte ($R_c > 2,5 \text{ m}^2/\text{K}$) - Spouwmuur gevuld met isolatiemateriaal ($R_c > 1,4 \text{ m}^2/\text{K}$, NB: vochtvoorzorg) - Dakisolatie van binnen/buitenaf ($R_c > 4,0 \text{ m}^2/\text{K}$) Aandachtspunten De portiekvloer is gebouwd in een tijd van grote schaarste. De kwaliteit van de gebouwen is dan ook, zeker in het begin van de jaren vijftig, zo matig te beschouwen. Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of muurde condensatie. Kosten (indicatief) - Vloerisolatie: €25,- / m² - Spouwmuurvulling: €17,50 / m² - Dakisolatie binnen: €50,- / m² - Dakisolatie buiten: €150,- / m² Kosten inclusief installatie en BTW. Comfort Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.	Stap 2: Ramen/ventilatie Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van HR++-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard. Voor een goede binnenklimaat is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst. - Plaatsen van HR++-glas - Kierdichting verbeteren - Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen Aandachtspunten Met het vervangen van de beglazing kunnen ook meteen de kozijnen vervangen worden. Dit biedt direct de kans om de kierdichting te verbeteren. Kosten (indicatief) - Vervangen glas/beglazing kozijn: €150,- / m² - Verbeteren kierdichting: €450,- - Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,- Kosten inclusief installatie en BTW. Comfort Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.	Stap 3: Verwarming/tapwater Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverket in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverket. Bij MT-warmtenet aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp). - Aanbrengen afleverket in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/huin - Secundaire opwekker voor warmtapwater - Vervangen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverket - Plaatsen koken op inductie Aandachtspunten Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doorzet of geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch geloket worden. Kosten (indicatief) - Plaatsing afleverket: €5.000,- - Aanpakken leidingwerk in de woning: €4.000,- - Koken op inductie: €1.500,- - Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,- - Eventueel gewascomfort ventilator: € 60,- / stuk - Absluiten gasaansluiting: € 130,- (verschilt per afleverket) Kosten inclusief installatie en BTW. Comfort Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.	Stap 4: Energie opwekken Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschadiging van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO2-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk. - Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dachvlak benutten voor PV - Resterende energie duurzaam inkopen Aandachtspunten Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO2-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt. Kosten (indicatief) - Aanbrengen PV-panelen: €650,- per paneel Kosten inclusief installatie en BTW.	Eindresultaat Richting een CO2-vrije woning 1. Dichte delen geïsoleerd 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij 4. Maximale energieopwekking De stappen die nodig zijn om een CO2-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau, en verdere verduurzaming van het warmtenet (CO2-vrij). Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg. Opbrengsten Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De verwachte energielasten zijn sterk afhankelijk van het besnoeiingspunt, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik. De huidige energielasten voor dit woningtype bedragen op basis van portiekgel verbruik: €122,- / maand Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten €32,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.
---	--	---	---	--	---

5.3 Strategie 3. LT-warmtepomp met verdergaande vraagbeperking

Voor de laag temperatuursystemen wordt een warmtevraag $< 40 \text{ kWh/m}^2$ voorgesteld. Dit komt overeen met een thermische schil op het niveau nieuwbouw. Het realiseren van een dergelijke warmtevraag kan aan de hand van de keuzekaart die opgesteld is voor all-electric concepten.



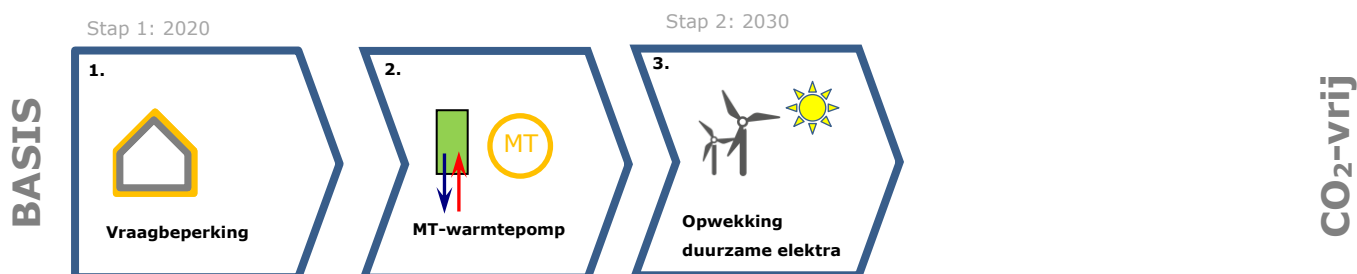
Figuur 26: Stapsgewijze aanpak - strategie 3

Bovenstaande route is voor drie hoofdwoningtypen vertaald in een keuzekaart, waarin per stap aandachtspunten, indicatieve kosten en opbrengsten staan vermeld, zie bijlage 4.

Rijwoningen jaren '50/'60	Stap 1: Isoleren dichte delen	Stap 2: Gevelopeningen	Stap 3: Installaties	Stap 4: Energie opwekken	Eindresultaat
Scenario: LT-warmtepomp – strategie 3 Karakteristieken Veel voorkomend type in Rotterdam. Door doorlopende elementen en repetitie efficiënt om meerdere woningen tegelijk aan te pakken. Woningstype ligt zich goed voor CO₂-neutraal door verhouding dakoppervlak / vloeroppervlak. Energieverbruik Gasverbruik: 1.500 m³/jaar Stroomverbruik: 2.500 kWh/jaar (verbruik op basis van postcodes) De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontlenen worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek "Stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen".	De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze woningen hebben veelal een kruipruimte en een spouw. Door deze te benutten kan het warmteverlies snel teruggedrongen worden. ☐ Vloerisolatie vanuit de kruipruimte ($R_c > 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$) ☐ Gevel/panelen voorzien van isolatiemateriaal ($R_c > 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$) ☐ Dakisolatie van buitenaf aangebracht ($R_c > 6 \text{ m}^2\text{K/W}$) Aandachtspunten Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie. Kosten (indicatief) • Vloerisolatie: €38,- / m² • Isoleren buitengevel: €285,- / m² • Dakisolatie: €175,- / m² - Kosten inclusief installatie en BTW. Comfort Geremde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, bijvoorbeeld door voortzetting van de buitenzijde kan dit voorkomen. Het is van belang om zo snel mogelijk na aanbrengen van deze stap een goed ventilatiesysteem te installeren.	Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van triple-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard. ☐ Plaatsen van triple glas ☐ Kierdichting verbeteren Aandachtspunten Het vervangen van de beglazing heeft ook tot gevolg dat de kozijnen vervangen moeten worden. Dit biedt de kans om de kierdichting te verbeteren. Kosten (indicatief) • Vervangen kozijnen met triple-glas: €1.000,- / m² • Vervangen kierdichting: €650,- - Kosten inclusief installatie en BTW. Comfort Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen. Het is van belang om zo snel mogelijk na aanbrengen van deze stap een goed ventilatiesysteem te installeren.	Dit woningtype is geschikt voor een all-electric energieconcept met een warmtepomp. Hiervoor moet er ventilatie worden geplaatst met WTW, een laag temperatuur afgiftesysteem en een warmtepomp worden aangebracht. ☐ Ventilatie met WTW aanbrengen ☐ Afgiftesysteem geschikt voor LT verwarming ☐ Individuele LT-warmtepomp in of naast de woning Aandachtspunten Bovenstaande maatregelen vragen om een volledige herziening van de verwarmingsinstallatie. De huidige individuele CV-ketel, ledigingsketel en radiatoren worden vervangen. Aanbrengen individuele LT-warmtepomp, LT-radiatoren, connectoren of vloerverwarming. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden. Kosten (indicatief) • Aanbrengen gebalanceerde ventilatie: €6.000,- • Vloerverwarming (driepijps): €120,-/m² • Lucht/waterwarmtepomp €9.000,- • Extra LT-radiator €350,-/stuk • Koken op inductie €1.500,- - Kosten inclusief installatie en BTW. Comfort De warmtepomp kan ook koken in combinatie met vloerverwarming of afgiftesysteem. Dit kost extra energie, maar biedt extra comfort.	Nadat de woning enkel nog hernieuwbare energie gebruikt, is het mogelijk om deze energie zelf op te wekken. Dit kan door PV-panelen te plaatsen op gunstig georiënteerde dakkapellen. ☐ In kaart brengen energiebehoefte ☐ Gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV ☐ Resterende energie duurzaam inkopen Aandachtspunten Het kan voorkomen dat de beschikbare dakkapervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht of via een postcoderoos project op een extern dak worden opgewekt. Kosten (indicatief) • Aanbrengen PV-panelen: €650,- per paneel - Kosten inclusief installatie en BTW.	CO₂-vrije woning ☒ 1. Geïsoleerd ☒ 2. Geïsoleerde beglazing ☒ 3. Aardgasloos verwarmd ☒ 4. Maximale energieopwekking De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is eventueel met opwekking van elektriciteit op gelabelde CO₂-vrij. Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg. Opbrengsten Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bevoengingsgebied, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik. De huidige energielasten voor dit woningtype bedragen op basis van postcodes verbruik: €117,- / maand. Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten €111,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

5.4 Strategie 4. MT-warmtepomp met beperkte vraagbeperking

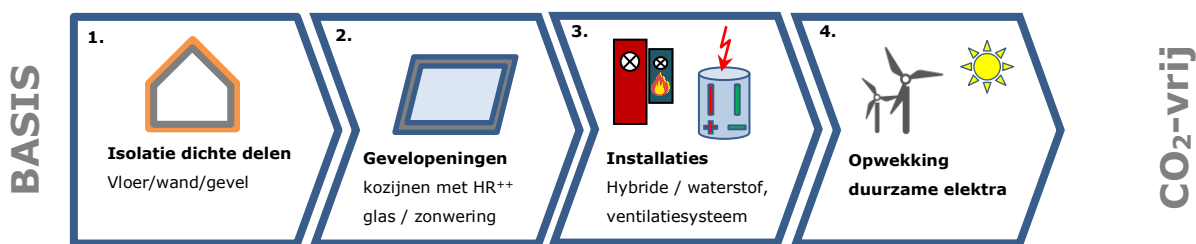
De vierde strategie gaat eveneens uit van vraagbeperking maar dan in combinatie met een midden temperatuur warmtepomp.



Figuur 27: Stapsgewijze aanpak - strategie 4

5.5 Strategie 5. Hybride / waterstof met beperkte vraagbeperking

De vijfde strategie gaat eveneens uit van beperkte vraagbeperking maar dan in combinatie met een hybride warmtepomp/CV-ketel of een toekomstige aansluiting op waterstof. Waterstof wordt momenteel vanuit de gemeente Rotterdam niet als eerste oplossing beschouwd voor de gebouwde omgeving. In de gehele energietransitie: mobiliteit, chemie en opslag van elektriciteit zal waterstof wel een rol van betekenis gaan spelen. Op de korte termijn (< 2030) ligt de focus op warmtenet, all-electric en hybride concepten.



Figuur 28: Stapsgewijze aanpak - strategie 5

Hoofdstuk 6 Praktische consequenties

De verschillende strategieën en routes hebben consequenties voor een bewoner en de woning. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de consequenties om een matig geïsoleerde woning met aardgas te transformeren naar een (geïsoleerde) woning op het warmtenet of all-electric. Achtereenvolgens wordt ingegaan op:

Bouwkundig

1. Vloerisolatie
2. Gevelisolatie
3. Dakisolatie
4. Vervangen glas HR++ in bestaande kozijnen
5. Aanbrengen nieuwe kozijnen met triple-glas
6. Luchtdichtheid
7. Inwendige condensatie
8. Koudebruggen

Verwarming en warmtapwater

9. Aanleg warmtenet/ all-electric
 - a. Warmtenet
 - b. All-electric
10. Opstelplaats in de woning / ruimtebeslag (afmetingen)
 - a. Warmtenet
 - b. All-electric
11. Opstelplaats buiten de woning
 - a. Warmtenet
 - b. All-electric
12. Vergroten verwarmingscapaciteit
13. Warmtapwater
 - a. MT-warmtenet
 - b. All-electric

Ventilatie, koken, elektra, overig

14. Ventilatiesystemen
15. Koken op inductie
16. PV-panelen
17. Slimme regeling/accu
18. Beperking gebruiksgebonden verbruik

De opzet hiervoor is gemaakt in het format train de trainer zodat de gemeente Rotterdam de praktische consequenties in meerdere presentaties kan geven. Voor de verschillende keuzes in isolatiematerialen wordt verwezen naar de woonwijzerwinkel of www.woonwijzerwinkel.nl waarin diverse isolatiematerialen en aandachtspunten ten aanzien van de uitvoering staan vermeld.

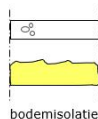
6.1 Bouwkundig

1. Vloerisolatie

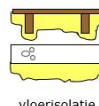
Aanbrengen vloer isolatie

Voor het isoleren van een begane grondvloer zijn twee mogelijkheden:

- vloerisolatie
- bodemisolatie.



bodemisolatie



vloerisolatie

De hoogte, type vloer en bereikbaarheid van de kruipruimte bepalen mede de isolatiemogelijkheden. Denk hierbij aan: PS-parels, PUR, reflecterende folie, of een nieuwe (renovatie)vloer.



Vloerisolatie op de bodem van de kruipruimte



Vloerisolatie met PUR

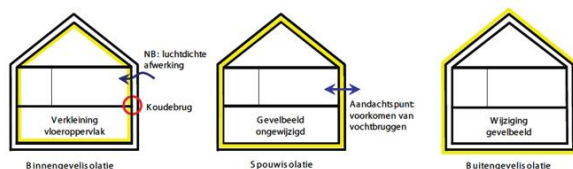


Vloerisolatie met aluminium isolatiefolie

2. Gevelisolatie

Aanbrengen spouwmuurisolatie

Er zijn verschillende mogelijkheden om de gevel te isoleren, onderstaand de verschillende vormen.



Spouwmuurisolatie wordt aangebracht tussen de binnen-en de buitenmuur. Dit geeft een beperkte isolatiewaarde van circa $1,4 \text{ m}^2\text{K/W}$. Het gevelbeeld blijft wel ongewijzigd.



Spouwmuurisolatie wordt aangebracht via gaten in de gevel



Spouwmuurisolatie

Aanbrengen gevelisolatie

Om een hogere isolatiewaarde voor de buitengevel ($R_c \geq 2,5 \text{ á } 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$) te behalen is spouwmuurisolatie onvoldoende. Dit betekent dat binnengevelisolatie of buitengevelisolatie toegepast moet worden, of de hele buitengevel vervangen moet worden.



De muren kunnen van binnenuit worden geïsoleerd.



De gevel wordt van buitenaf geïsoleerd en afgewerkt met steenstrips.



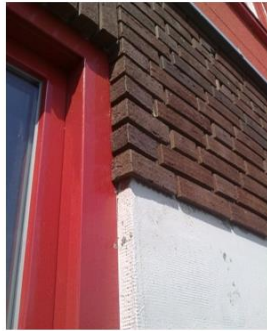
De hele buitengevel wordt vervangen door een prefab geïsoleerd element.

Aandachtspunten gevelisolatie



Binnengevel isolatie

- Verkleining van het woonoppervlak
- Aanpassingen aan elektra (leidingen en wandcontactdozen), radiatoren en vloer- en plafondafwerking
- kritisch met betrekking tot het ontstaan van vochtproblemen ten gevolge van inwendige condensatie en convectief vochttransport
- koudebruggen worden niet mee geïsoleerd



Buitengevel isolatie

- Het uiterlijk van de gevel wordt gewijzigd/verbeterd.
- Bij buitengevelisolatie neemt de geveldikte toe waardoor rekening gehouden moet worden met de rooilijn.
- Controle constructieve en bouwfysische kwaliteit van de gevel benodigd



Buitengevel isolatie

- Hoge isolatiewaarden mogelijk
- Eventueel verbreding fundering bij metselwerk buitenblad
- Door isolatiedikte vindt mogelijk overschrijding van de rooilijn plaats
- Wijziging esthetica / welstand

3. Dakisolatie

Aanbrengen dakisolatie

Voor het isoleren van het dak is van binnen- of buitenaf of een nieuw dakelement. Een isolatiewaarde van 3,5 á 6 m²K/W is daarbij gangbaar. Een thermische en hygrische beoordeling van de huidige en nieuwe dakconstructie wordt sterk aangeraden.



Het dak van binnenuit isoleren
NB: maatregelen voorkomen inwendige condensatie



Het dak van buitenaf isoleren



Plaatsen nieuwe dakelementen

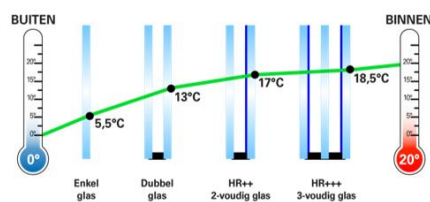
4. Vervangen enkel/dubbel glas door HR⁺⁺-glas in bestaande kozijnen

Aanbrengen HR⁺⁺-glas

Ramen vormen in de bouwkundige schil de grootste warmtelekken. Voor het vervangen van enkel en dubbel glas kunnen veelal de bestaande kozijnen behouden blijven. Alleen het glas en glaslatten worden vervangen. Het vervangen van enkel/dubbel glas door HR⁺⁺-glas of drieboudig glas is uit het oogpunt van vraagbeperking en comfort zeer wenselijk.



Glas plaatsen in bestaande kozijnen



Afstandhouder in HR⁺⁺-glas met merk/type glas en plaatsingsdatum

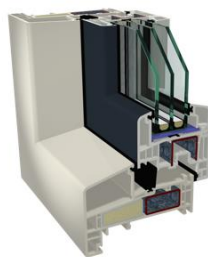
5. Aanbrengen nieuwe kozijn met triple-glas

Aanbrengen triple glas

Omdat triple glas dikker is dan dubbel glas of HR⁺⁺-glas is veelal vervanging van de bestaande kozijnen noodzakelijk, in ieder geval de draaiende delen.



Houten kozijnen met triple glas



Kunststof kozijnen met triple-glas



Aluminium kozijnen met triple glas

6. Verbeteren luchtdichtheid

Verbeteren luchtdichtheid

In de bestaande bouw vervult de infiltratie (kieren/naden) vaak ook de rol van ventilatietoever. Bij het afsluiten van naden en kieren zijn goede toe- en afvoervoorzieningen voor ventilatielucht een voorwaarde (ventilatioeroosters en mechanische afzuiging). Om het warmteverlies te beperken is het verbeteren van de luchtdichtheid een belangrijke maatregelen. Denk hierbij aan:

- Kierdichting van ramen en deuren
- Aansluiting tussen kozijnen en gevels
- Aansluiting daken op gevels en bouwmuren
- Daknokken
- Doorvoeringen in de vloer en het dak
- Afdichting kruipluik
- Brievenbus



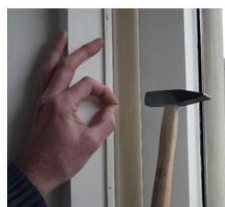
Luchtlekken tussen dak en bouwmuur



Luchtlekken tussen kozijn en gevels



Manchet rondom doorvoeringen

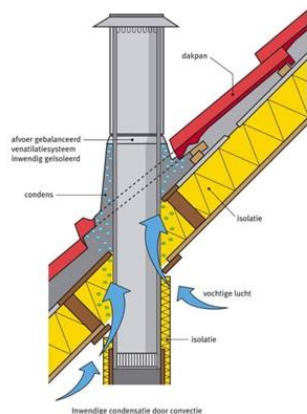


Tochtstrip aanbrengen

7. Inwendige condensatie

Inwendige condensatie

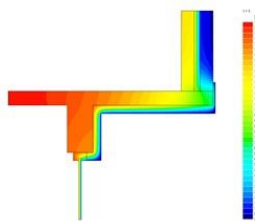
De kans op inwendige condensatie is bij het isoleren van daken van binnenuit een veelvoorkomend aandachtspunt. Belangrijk is dat de dampremmende laag aan de warme zijde van de constructie wordt aangebracht en de aansluitingen luchtdicht worden aangebracht. Een bouwphysische controle berekening is wenselijk.



8. Koudebruggen

Koudebruggen

Oppervlaktecondensatie wordt voorkomen door het vermijden van relatief koude binnenoppervlakken ofwel koudebruggen. Als er oppervlaktecondensatie optreedt is de kans groot dat er schimmelvorming ontstaat. Koudebruggen komen voor ter plaatse van doorbrekingen van de isolatielaag door consoles, metalen metselwerkdragers, aanstortnokken (balkon, betonnen metselwerk), balkons en bij funderingen. Projectspectief kunnen aanvullende (isolatie)maatregelen en luchtdichte aansluitingen nodig zijn.



Doorgestorte constructies tussen binnen en buiten
(uitkragende balkons links en loggia rechts)

6.2 Verwarming / warmtapwater

9. Aanleg warmtenet / all-electric

Warmtenet

Aanleg warmtenet (buiten de woning)

Werkzaamheden buiten de woning/in de straat bij aanleg warmtenet.



De leidingen voor het warmtenet
worden in de straat gelegd



De straat is gedurende bepaalde
tijd niet/minder bereikbaar.



Ook in de voortuin zijn
werkzaamheden nodig om de
leidingen het huis in te brengen.

Afleverzet warmtenet in meterkast

Voor een aansluiting op het warmtenet is een afleverzet nodig. Deze komt in plaats van de gasmeter. Afhankelijk van de oorspronkelijke positie van de CV-ketel (op zolder) moeten de CV-leidingen aangepast worden.

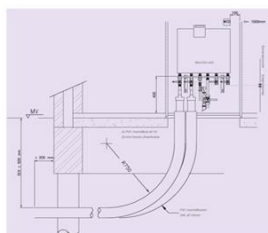
Bij hoogbouw is een aparte meterkast voor de afleverzet benodigd.



De gasmeter wordt verwijderd



en vervangen door de afleverzet voor het warmtenet.



In huis moeten gaten door de vloer worden geboord voor de aansluiting op het warmtenet.

All-electric

Bodem/water warmtepomp

Voor de installatie van een bodem/water warmtepomp moet een bron worden gerealiseerd. De warmtepomp zelf moet in de woning geplaatst worden. Deze staat vaak in een trapkast, een berging of op zolder.



De bron voor de bodem/water warmtepomp moet gerealiseerd worden.



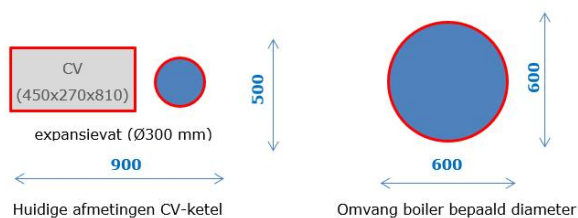
De leidingen vanuit de bron moeten via spargen de woning in.



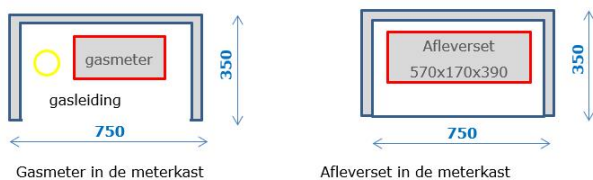
De warmtepomp is circa 0,9 x 0,9 x 2,1 m.

10. Ruimtebeslag (afmetingen)

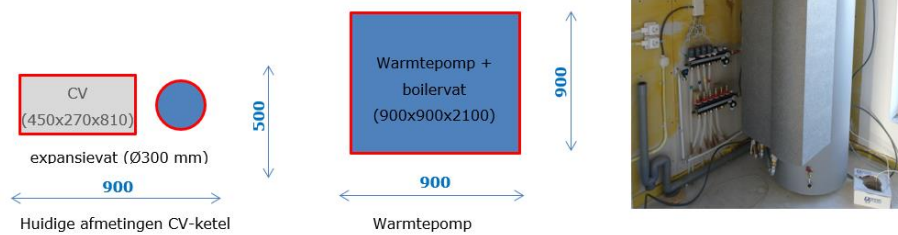
Ruimtebeslag elektrische boiler



Ruimtebeslag afleverset



Ruimtebeslag bodem/water warmtepomp



11. Opstelplaats binnen/buiten de woning

Aanbrengen lucht/water warmtepomp splitsysteem

Een lucht/water warmtepomp (splitsysteem) bestaat uit twee delen:

- een binnenunit (links). De binnenunit staat ergens in de woning. Hij komt vaak in een trapkast, een berging of op zolder.
- een buitenunit (rechts). Deze kan op het dak, aan de gevel of in de tuin worden geplaatst.



Dit is het gedeelte van de warmtepomp die binnen komt te staan.



De buitenunit van de warmtepomp



Een gat in de gevel voor de leidingen naar de buitenunit van de warmtepomp

Positie buitenunit bij splitsysteem op dak/gevel/tuin

Een lucht/water warmtepomp bestaat uit twee delen, een buitenunit en een binnenunit. De buitenunit wordt buiten geplaatst. Op het dak, aan de gevel of in de tuin.

NB: de buitenunit produceert geluid. Houd bij de positie van de unit rekening met ramen, dakterras, tuin/woning van buren. Eventueel geluidwerend scherm toepassen.



De buitenunit op het dak



in de achtertuin



of weggewerkt als schoorsteen.

Aanbrengen geïntegreerde unit buiten

Een geïntegreerde unit bestaat uit een lucht/water warmtepomp, buffervat, gebalanceerd ventilatiesysteem en regelingen. De volledige unit staat buiten de woning.



Warmtepomp als 'aanbouw'



Geplaatst bij de voordeur

Elektrische radiatoren / elektrische boiler

Er zijn verschillende soorten elektrische weerstandsverwarming:

- Elektrische radiatoren / infraroodpanelen voor verwarming
 - Elektrische boiler / elektrisch doorstroomtoestel voor tapwater
- Deze systemen zijn kritisch ten aanzien van verwarmingscomfort en (hoge) energielasten



Elektrische radiatoren



Elektrisch doorstroomtoestel



Infrarood panelen aan plafond

12. Vergroten verwarmingscapaciteit

Vergroten verwarmingscapaciteit

Een LT of MT-systeem levert een lagere temperatuur dan een standaard CV-ketel. Afhankelijk van het temperatuurtraject en de thermische schil is extra verwarmingscapaciteit nodig: grotere/extra afgiftesysteem of een ventilator op een bestaande radiator. De benodigde capaciteit is woningspecifiek en dient door een specialist te worden bepaald.



Een extra radiator



Een ventilator op een bestaande radiatoren



Vloerverwarming over een bestaande houten vloer

13. Warmtapwater

MT-warmtenet

Warmtapwater - warmtenet

Bij een MT-warmtenet is een secundaire opwekker benodigd voor warmtapwater zoals een boosterwarmtepomp of een boiler

Een HT-warmtenet levert continu warmwater met grote tapwatercapaciteit



MT-warmtenet
Warmtepompbooster voor tapwater



HT-warmtenet
Afleveret voor zowel verwarming als warmtapwater

All-electric

Warmtapwater – all-electric

Onderstaand drie veelvoorkomende all-electric systemen voor warmtapwater.



Boiler/boilervat bij warmtepomp

- Capaciteit boiler afstemmen op gezinsgrootte
- Rekening houden met oplaadtijd boiler
- Boiler vergt ruimte in bestaande woning
- Een douche-WTW en waterbesparende douchekoppen kunnen de tapwaterbehoefte verminderen, waardoor een kleinere boiler volstaat
- Voorlichting over de combinatie van warmtepomp en warm tapwater kan teleurstellingen over de beschikbaarheid van warm tapwater voorkomen

Elektrisch doorstroomtoestel

- Vergt hogere capaciteit elektranet
- Geen voorraadvat benodigd
- Hogere energielasten te verwachten

6.3 Ventilatie, koken, elektra

14. Ventilatiesysteem

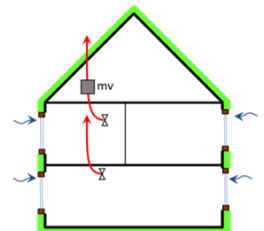
Aanbrengen ventilatiesysteem met roosters

Het aanbrengen van ventilatieroosters wordt vaak gecombineerd met glasvervanging. Via ventilatieroosters in de ramen komt buitenlucht naar binnen. De lucht in de woning wordt afgevoerd via een mechanische afzuiging box (MV-box).

Veelal wordt natuurlijke toevoer gecombineerd met hoog temperatuurafgiftesysteem. Ventilatioeroosters in combinatie met een laag temperatuursysteem kunnen leiden tot comfortklacht.



Roosters zorgen voor luchttoevoer. Hiervoor moet ook het glas worden vervangen



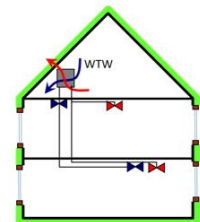
Een MV-box zorgt voor de afzuiging van lucht uit de keuken, badkamer en het toilet.

Aanbrengen ventilatiesysteem met warmteterugwinning

Een ventilatiesysteem met warmteterugwinning bestaat uit een centrale ventilatie box met toevoer in elke verblijfsruimte en afvoer in de keuken, badkamer en het toilet.

Aandachtspunten:

- geluiddempers/technische omkasting i.v.m. installatiegeluid
- sparing in dak voor toe- en afvoerleiding
- toevoerleidingen in de verblijfsruimten
- afvoerleidingen in keuken, bad en toilet
- leidingen in verlaagd plafond of koof



Ventilatie box boven het plafond



Kanalen in een verlaagd plafond



Ventilatie ventiel



Ventilatie box op zolder

15. Koken op inductie

Aanbrengen leiding/elektra aansluiting in keuken voor koken op inductie

Omdat de gasaansluiting verwijderd is, moet er elektrisch worden gekookt. Dit kan met inductie of keramisch.

Aandachtspunten:

- Bij oudere woningen is vaak een 1 fase aansluiting aanwezig. Voor inductie koken is een 3 fase 25A aansluiting in de meterkast nodig.
- Aanleg elektraleiding (door loze leiding) van meterkast naar keuken. Eventueel afwerken leiding bij ontbreken van loze leiding
- Aanbrengen kookplaat en perilex stekker in keuken



Aanbrengen inductiekookplaat in keuken



Een speciale stekker (perilex) voor elektrisch koken



Extra fases in meterkast aanbrengen



Bij inductie zijn deels nieuwe pannen nodig

16. PV-panelen

Aanbrengen PV-panelen

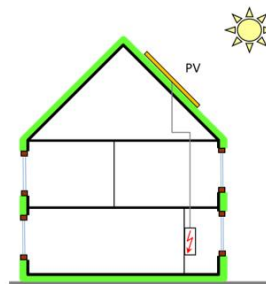
Woningen met een gunstig zongeorieëerd dakvlak komen in aanmerking voor PV-panelen, daarmee wordt elektriciteit opgewekt. In de woning wordt een inverter aangebracht



De PV-panelen worden op het dak gemonteerd



De stroom die door de zonnepanelen wordt opgewekt komt binnen via een omvormer en wordt aangesloten op een groep in de meterkast



17. Slimme regeling/accu

Opslag energie en/of slimme regeling

Het moment waarop de energie opgewekt wordt en wanneer deze gebruikt is vaak ongelijktijdig.

- Voor warmtapwater is dat met een zonneboiler vraag/aanbod beter op elkaar af te stemmen.

Terugleveren van elektriciteit kan worden voorkomen door:

- het verbruik van apparaten slim te regelen en af te stemmen op de elektriciteitsopbrengst/zonaanbod
- of energie op te slaan in accu's (alleen geschikt voor dag/nachtcyclus).



Slimme regeling die bepaalt wanneer het beste moment is om de wasmachine te laten draaien.



Een accu waarmee voor dag/nacht opslag/verbruik



Opslag warmwater door een zonneboiler

18. Gebruikersgebonden energie / gedrag

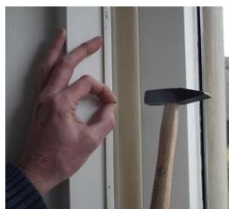
Gebruiksgebonden energie / gedrag

Om te komen tot een CO₂-vrije gebouwde omgeving is vermindering van gebruikersgebonden energie nodig door verandering gedrag of energiezuinige producten. Denk hierbij aan:

- een energiecoach in de wijk; of
- energiebesparende maatregelen: een waterbesparende douchekop, ledverlichting, stralingsfolie achter radiatoren, tochtstrip, minder apparaten in stand-by, plaatsen energiemeters of een financiële regeling om energiezuinige witgoed aan te schaffen/leasen.



Waterbesparende douchekop



Tochtstrip aanbrengen



Ledverlichting



Energiecoach

Bijlage 1

Referentiesituatie woningtypen

De gemeente Rotterdam kent een grote diversiteit in woningtypen en bouwjaren. Voor dit onderzoek zijn 13 woningtypen geselecteerd waarbij gekeken wordt welke no-regret maatregelen getroffen kunnen worden. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de 13 referentiewoningen uit de stad Rotterdam met de bouwkundige en installatietechnische kenmerken.

Tabel 7: Overzicht woningtypen en referentiesituatie bouwkundig/installatietechnisch

	R _c vloer [m ² K/W]	R _c gevel [m ² K/W]	R _c dak [m ² K/W]	Glas	Verwarming / tapwater	Ventilatie
1. Portiekwoning 1889	0,15	0,19	0,22	enkel/dubbel	VR-combiketel	nat. toe- en afvoer
2. Portiekwoning 1925	0,15	0,19	0,22	enkel/dubbel	VR-combiketel	nat. toe- en afvoer
3. Rijwoning jaren '30	0,15	0,35	0,22	dubbel	HR-combiketel	nat. toe- en afvoer
4. Portiekwoning jaren '30	0,15	0,35	0,22	enkel/dubbel	Lokale gaskachels	nat. toe- en afvoer
5. Portiekwoning jaren '30	0,15	0,35	0,22	dubbel	HR-combiketel	nat. toe- en afvoer
6. Portiekwoning jaren '50	0,15	0,35	0,22	dubbel	HR-combiketel	nat. toe- en afvoer
7. Rijwoning jaren '60/'70	0,32	0,35	0,39	dubbel	HR-combiketel	nat. toe- en afvoer
8. Portiekwoning jaren '60	0,32	0,35	0,39	dubbel	HR-combiketel	nat. toe- en mech. afvoer
9. Galerijwoning jaren '70	0,32	0,54	0,89	dubbel	Coll. VR-combiketel	nat. toe- en mech. afvoer
10. Appartement jaren '80	0,52	1,30	1,30	dubbel	HR-combiketel	nat. toe- en mech. afvoer
11. Rijwoning jaren '90	2,50	2,50	2,50	HR-glas	HR-combiketel	nat. toe- en mech. afvoer
12. Appartement jaren >2000	3,50	3,50	3,50	HR ⁺⁺ glas	Warmtenet	nat. toe- en mech. afvoer
13. Rijwoning jaren >2000	3,50	3,50	3,50	HR ⁺⁺ glas	Warmtenet	nat. toe- en mech. afvoer

Vanuit de woningen is een redelijke parallel te trekken met de bouwjaarklassen en aanscherpingen ten aanzien van thermische isolatie, glastype en de komst van het Bouwbesluit in 1992 met EPC-eisen.

Bouwjaarklasse t/m 1975

Huizen van voor 1975 zijn bij de bouw niet of nauwelijks geïsoleerd. Waarschijnlijk is er in de loop der jaren wel een en ander verbeterd. Vaak is dat dakisolatie (omdat de zolder werd verbouwd) en dubbel glas (omdat het enkelglas werden vervangen). Als het recent is gebeurd, is de dakisolatie goed (minstens 8 cm) en is het glas van HR⁺⁺ kwaliteit. Maar zijn de verbeteringen al wat ouder, dan is het waarschijnlijk matige dakisolatie en gewoon dubbel glas. Verder ontbreken vaak nog vloerisolatie en gevelisolatie.



Figuur 29: Bouwkundige componenten: vloerisolatie, dakisolatie, glas en kozijnen

Bouwjaar 1975 tot en met 1982

Huizen gebouwd in de periode 1975 tot en met 1982 hebben tijdens de bouw matige spouwmuurisolatie gekregen en matige dakisolatie (dikte 5 tot 7 centimeter). De ramen in de woonkamer hebben gewoon dubbel glas (geen HR⁺⁺), de ramen in de slaapkamer enkel glas. Vloerisolatie ontbreekt.

Bouwjaar 1983 tot en met 1991

Huizen gebouwd in de periode 1983 tot en met 1991 hebben bij de bouw overal matige isolatie gekregen: 5 tot 7 cm dakisolatie, gevelisolatie, vloerisolatie en gewoon dubbel glas. In de slaapkamers kan nog enkel glas zitten.

Bouwjaar 1992 tot en met 1999

Huizen gebouwd in de periode 1992-1999 hebben bij de bouw overal minstens goede (8 tot 10 cm dak-, gevel- en vloerisolatie) en in alle ruimtes (eenvoudig) dubbelglas.

Bouwjaar vanaf 2000 tot nu

Huizen gebouwd vanaf 2000 hebben goede tot zeer goede isolatie van dak, vloer en gevel en overal HR⁺⁺ glas (soms triple glas).



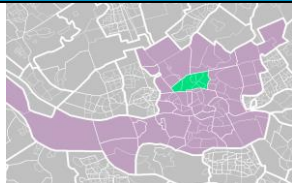
Figuur 30: Installatietechnische componenten: individuele CV-ketel, collectieve CV-ketel en ventilatie-unit

Huidige energetische kwaliteit

1. Portiekwoning 19e eeuw / monumentaal/beschermd stadsgezicht

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Portiekwoning - tussenligging

Uitgangspunten

Bouwperiode	1889
Gebruiksoppervlakte	80,0 m ²
Referentiewoning	portiekwoning Agniesebuurt

Bouwkundig	Referentiesituatie	Minimale benchmark - MT-warmtenet
Begane grondvloer	$R_c = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerde houten vloer $R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel/kopgevel	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	steensmuur zonder spouw $R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wand grenzend aan trappenhuis	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	steensmuur zonder spouw $R_c = 2,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerd dak $R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 5,10 \text{ W/m}^2\text{K} / 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	combinatie enkel/dubbel glas $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (HR++)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongeïsoleerde deur $U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10;kar} = 1,000 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	$q_{v-10;kar} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$

Installatietechnisch

Ruimteverwarming	VR-combiketel	MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren	conventionele radiatoren
Warmtapwater	VR-combiketel	warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0	n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik (huishoudelijk)	2.510 kWh	2.510 kWh
Gasgebruik	1487 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	19 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	447 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	4.007 kg	2.070 kg
Warmtevraag ³⁾	121 kWh/m ²	95 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 577,30	€ 680,07
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 1.174,73	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 540,93
Totale jaarlijkse energielasten	€ 2.010,41	€ 1.569,22
Maandelijkse energielasten	€ 168	€ 131

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

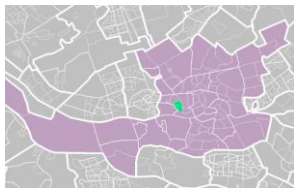
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijsspeel 2019).

Huidige energetische kwaliteit

2. Portiekwoning Grote Visserijstraat, 1925

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Uitgangspunten

Bouwperiode	1925
Gebruiksoppervlakte	170,0 m ²
Referentiewoning	Benedenwoning over drie woonlagen, Grote Visserijstraat

Bouwkundig	Referentiesituatie	Minimale benchmark - MT-warmtenet
Begane grondvloer/vloer boven berging	$R_c = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde houten vloer $R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel/kopgevel	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	steensmuur zonder spouw $R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wand grenzend aan trappenhuis	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	steensmuur zonder spouw $R_c = 2,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerd dak $R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	dubbel glas $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K (HR++)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongesoleerde deur $U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$Q_{v-10;\text{kar}} = 1,000 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	$Q_{v-10;\text{kar}} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$

Installatietechnisch

Ruimteverwarming	HR107-combiketel	MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren	conventionele radiatoren
Warmtapwater	HR107-combiketel	warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0	n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	3.070 kWh	3.070 kWh
Gasgebruik	1321 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	33 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	645 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	4.005 kg	2.843 kg
Warmtevraag ³⁾	96 kWh/m ²	81 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 706,02	€ 854,37
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 1.043,85	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 939,51
Totale jaarlijkse energielasten	€ 2.008,26	€ 2.142,10
Maandelijkse energielasten	€ 167	€ 179

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

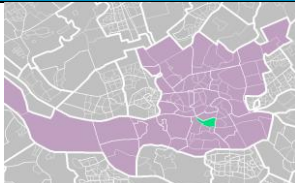
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Huidige energetische kwaliteit

3. Rijwoning Heenvlietstraat, jaren 30

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Rijwoning - tussenligging

Uitgangspunten

Bouwperiode	1928
Gebruiksoppervlakte	130,0 m ²
Referentiewoning	rijwoning in de Heenvlietstraat

	Referentiesituatie		Minimale benchmark - MT-warmtenet
Bouwkundig			
Begane grondvloer	$R_c = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerde houten vloer	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel	$R_c = 0,35 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerde spouwmuur	$R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerd dak	$R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wanden dakkapel	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerd	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	dubbel glas	$U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K (HR++)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongeïsoleerde deur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$Q_{v-10;\text{kar}} = 1,000 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$		$Q_{v-10;\text{kar}} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$

Installatietechnisch

Ruimteverwarming	HR-combiketel	MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren	conventionele radiatoren
Warmtapwater	HR-combiketel	warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0	n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	2.320 kWh	2.320 kWh
Gasgebruik	1237 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	17 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	512 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	3.456 kg	1.951 kg
Warmtevraag ³⁾	149 kWh/m ²	57 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 533,54	€ 651,29
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 977,23	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 483,99
Totale jaarlijkse energielasten	€ 1.769,15	€ 1.483,50
Maandelijkse energielasten	€ 147	€ 124

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

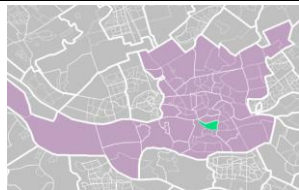
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Huidige energetische kwaliteit

4. Portiekwoningen Bas Jungeriusstraat, 1935

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



tussenappartement

Uitgangspunten

Bouwperiode	1938
Gebruiksoppervlakte	45,0 m ²
Referentiewoning	Tussenappartement Bas Jungeriusstraat

	Referentiesituatie		Minimale benchmark - MT-warmtenet
Bouwkundig			
Begane grondvloer	$R_c = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerde houten vloer	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel	$R_c = 0,35 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerde spouwmuur	$R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerd dak	$R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wanden dakkapel	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerd	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 5,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	enkel glas	$U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K (HR++)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongeïsoleerde deur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$Q_{v-10;\text{kar}} = 1,000 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$		$Q_{v-10;\text{kar}} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$

Installatietechnisch

Ruimteverwarming	lokale gaskachels	MT-warmtenet
Afgiftesysteem	n.v.t.	conventionele radiatoren
Warmtapwater	geiser	warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0	n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	2.408 kWh	2.408 kWh
Gasgebruik	1433 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	9 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	367 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	3.855 kg	1.709 kg
Warmtevraag ³⁾	184 kWh/m ²	72 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 553,84	€ 638,14
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 329,51	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 256,23
Totale jaarlijkse energielasten	€ 1.141,73	€ 1.242,59
Maandelijkse energielasten	€ 95	€ 104

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

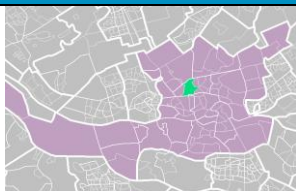
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Huidige energetische kwaliteit

5. Portiekwoning beschermd stadsgezicht Blijdorp, jaren 30

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Portiekwoning - tussenligging

Uitgangspunten

Bouwperiode	1934
Gebruiksoppervlakte	78,0 m ²
Referentiewoning	Portiekwoning in Blijdorp - beschermd stadsgezicht

	Referentiesituatie		Minimale benchmark - MT-warmtenet
Bouwkundig			
Begane grondvloer/vloer boven berging	$R_c = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde houten vloer	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel/kopgevel	$R_c = 0,35 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde spouwmuur	$R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wand grenzend aan trappenhuis	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde steensmuur	$R_c = 2,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerd dak	$R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 5,10 \text{ W/m}^2\text{K} / 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	combinatie enkel/dubbel glas	$U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (HR+ +)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongesoleerde deur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10;kar} = 1,000 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$		$q_{v-10;kar} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$
Installatietechnisch			
Ruimteverwarming	HR107-combiketel		MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren		conventionele radiatoren
Warmtapwater	HR107-combiketel		warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer		natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.		n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0		n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	2.560 kWh	2.560 kWh
Gasgebruik	1367 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	14 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	445 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	3.817 kg	1.964 kg
Warmtevraag ³⁾	139 kWh/m ²	62 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 588,80	€ 691,15
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 1.079,61	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 398,58
Totale jaarlijkse energielasten	€ 1.926,79	€ 1.437,95
Maandelijkse energielasten	€ 161	€ 120

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

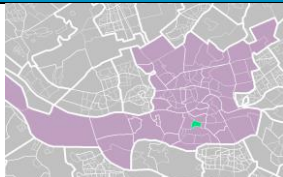
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Huidige energetische kwaliteit

6. Portiekwoning Korhaanstraat, jaren 50

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Portiekwoning - tussenligging

Uitgangspunten

Bouwperiode	1947
Gebruiksoppervlakte	65,0 m ²
Referentiewoning	portiekwoning in Carnisse

	Referentiesituatie	Minimale benchmark - MT-warmtenet
Bouwkundig		
Begane grondvloer/vloer boven berging	$R_c = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerde vloer $R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel/kopgevel	$R_c = 0,35 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerde spouwmuur $R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wand grenzend aan trappenhuis	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerde steensmuur $R_c = 2,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerd dak $R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	dubbel glas $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K (HR++)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongeïsoleerde deur $U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10, \text{kar}} = 1,000 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	$q_{v-10, \text{kar}} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$
Installatietechnisch		
Ruimteverwarming	HR-combiketel	MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren	conventionele radiatoren
Warmtapwater	HR-combiketel	warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0	n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	1.941 kWh	1.941 kWh
Gasgebruik	940 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	8 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	374 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	2.721 kg	1.439 kg
Warmtevraag ³⁾	118 kWh/m ²	53 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 446,37	€ 532,29
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 742,76	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 227,76
Totale jaarlijkse energielasten	€ 1.447,51	€ 1.108,27
Maandelijkse energielasten	€ 121	€ 92

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

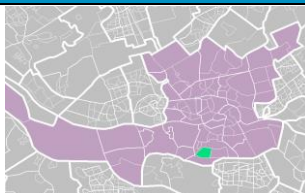
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijsspeel 2019).

Huidige energetische kwaliteit

7a. Rijwoning Pendrecht, jaren 60/70

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Rijwoning - tussenligging

Uitgangspunten

Bouwperiode	1960
Gebruiksoppervlakte	60,0 m ²
Referentiewoning	rijwoning in de Wemeldingestraat

	Referentiesituatie		Minimale benchmark - MT-warmtenet
Bouwkundig			
Begane grondvloer	$R_c = 0,32 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde vloer	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel	$R_c = 0,35 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde spouwmuur	$R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 0,39 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerd dak	$R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	dubbel glas	$U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K (HR++)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongesoleerde deur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10;kar} = 1,000 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$		$q_{v-10;kar} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$

Installatietechnisch

Ruimteverwarming	HR-combiketel	MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren	conventionele radiatoren
Warmtapwater	HR-combiketel	warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0	n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	2.393 kWh	2.393 kWh
Gasgebruik	1056 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	11 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	403 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	3.169 kg	1.773 kg
Warmtevraag ³⁾	140 kWh/m ²	65 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 550,39	€ 643,13
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 834,24	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 313,17
Totale jaarlijkse energielasten	€ 1.643,01	€ 1.304,52
Maandelijkse energielasten	€ 137	€ 109

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

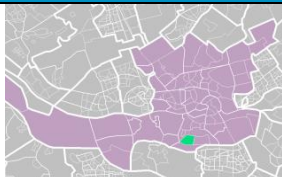
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Huidige energetische kwaliteit

7b. Rijwoning Pendrecht met dakkapel, jaren 60/70

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Rijwoning - tussenligging

Uitgangspunten

Bouwperiode	1960
Gebruiksoppervlakte	75,0 m ²
Referentiewoning	rijwoning in de Wemeldingestraat

	Referentiesituatie		Minimale benchmark - MT-warmtenet
Bouwkundig			
Begane grondvloer	$R_c = 0,32 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde vloer	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel	$R_c = 0,35 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde spouwmuur	$R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 0,39 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerd dak	$R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Constructie dakkapel	$R_c = 0,39 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerd	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	dubbel glas	$U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K (HR++)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongesoleerde deur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10, \text{kar}} = 1,000 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$		$q_{v-10, \text{kar}} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$
Installatietechnisch			
Ruimteverwarming	HR-combiketel		MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren		conventionele radiatoren
Warmtapwater	HR-combiketel		warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - natuurlijke afvoer		natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.		n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0		n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	2.393 kWh	2.393 kWh
Gasgebruik	1056 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	13 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	435 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	3.169 kg	1.843 kg
Warmtevraag ³⁾	128 kWh/m ²	64 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 550,39	€ 553,38
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 834,24	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 370,11
Totale jaarlijkse energielasten	€ 1.643,01	€ 1.271,71
Maandelijkse energielasten	€ 137	€ 106

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

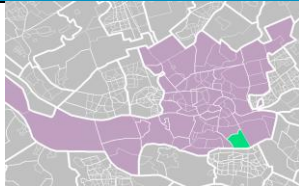
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Huidige energetische kwaliteit

8. Portiekflat Molièrebuurt, jaren 60

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Portiekflat - tussenappartement

Uitgangspunten

Bouwperiode	1961
Gebruiksoppervlakte	70,0 m ²
Referentiewoning	portiekflat in de Molièrebuurt

Bouwkundig	Referentiesituatie	Minimale benchmark - MT-warmtenet
Begane grondvloer/vloer boven berging	$R_c = 0,32 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde vloer $R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel/kopgevel	$R_c = 0,35 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde spouwmuur $R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$
Gevel bij balkon	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde steens muur $R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wand grenzend aan trappenhuis	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde steens muur $R_c = 2,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Panelen	$R_c = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerd paneel in kozijn $R_c = 2,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 0,39 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerd dak $R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	dubbel glas $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K (HR++)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongesoleerde deur $U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10;kar} = 1,000 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	$q_{v-10;kar} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$

Installatietechnisch

Ruimteverwarming	VR-combiketel	MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren	conventionele radiatoren
Warmtapwater	VR-combiketel	warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0	n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	2.238 kWh	2.238 kWh
Gasgebruik	1057 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	10 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	425 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	3.088 kg	1.676 kg
Warmtevraag ³⁾	106 kWh/m ²	48 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 514,74	€ 612,47
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 834,64	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 284,70
Totale jaarlijkse energielasten	€ 1.607,76	€ 1.245,39
Maandelijkse energielasten	€ 134	€ 104

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

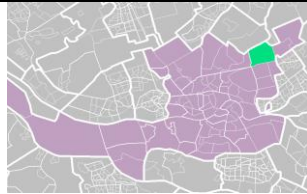
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Huidige energetische kwaliteit

9. Galerijflat, jaren 70

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Galerijflat - hoekappartement

Uitgangspunten

Bouwperiode	1973
Gebruiksoppervlakte	87,0 m²
Referentiewoning	Galerijwoning in Ommoord (prins alexander)

Referentiesituatie

Minimale benchmark - MT-warmtenet

Bouwkundig

Begane grondvloer/vloer boven berging	$R_c = 0,32 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongesoleerde vloer	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel/kopgevel	$R_c = 0,43 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerde spouwmuur	$R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$
Panelen	$R_c = 0,54 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerd paneel in kozijn	$R_c = 2,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat dakconstructie	$R_c = 0,89 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerd dak	$R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	dubbel glas	$U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K (HR++)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongesoleerde deur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10, \text{kar}} = 0,800 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$		$q_{v-10, \text{kar}} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$

Installatietechnisch

Ruimteverwarming	collectieve VR-ketel	MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren	conventionele radiatoren
Warmtapwater	collectieve VR-ketel	warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.
PV-panelen (m²)	0	n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	2.442 kWh	2.442 kWh
Gasgebruik	921 m³	0 m³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	16 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	457 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	2.952 kg	1.961 kg
Warmtevraag ³⁾	124 kWh/m²	70 kWh/m²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 561,66	€ 666,88
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 727,59	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 455,52
Totale jaarlijkse energielasten	€ 1.547,63	€ 1.470,62
Maandelijkse energielasten	€ 129	€ 123

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

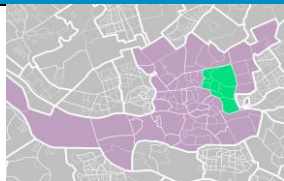
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Huidige energetische kwaliteit

10. Appartement, jaren 80

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Appartement - hoekappartement

Uitgangspunten

Bouwperiode	1988
Gebruiksoppervlakte	86,0 m ²
Referentiewoning	appartement in Crooswijk

	Referentiesituatie	Minimale benchmark - MT-warmtenet
Bouwkundig		
Begane grondvloer/vloer boven berging	$R_c = 0,52 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel/kopgevel	$R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c = 1,40 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wand grenzend aan trappenhuis	$R_c = 0,19 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c = 2,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K (HR++)}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10, \text{kar}} = 0,800 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	$q_{v-10, \text{kar}} = 0,600 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$
Installatietechnisch		
Ruimteverwarming	HR-107 ketel	MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren	conventionele radiatoren
Warmtapwater	HR-107 ketel	warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0	n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	2.200 kWh	2.200 kWh
Gasgebruik	875 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	19 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	468 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	2.740 kg	1.917 kg
Warmtevraag ³⁾	134 kWh/m ²	87 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 505,89	€ 613,47
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 690,86	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 540,93
Totale jaarlijkse energielasten	€ 1.455,12	€ 1.502,62
Maandelijkse energielasten	€ 121	€ 125

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

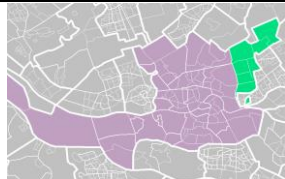
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijsspeel 2019).

Huidige energetische kwaliteit

11. Rijwoning, jaren 90

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Rijwoning - tussenligging

Uitgangspunten

Bouwperiode	1992
Gebruiksoppervlakte	120,0 m ²
Referentiewoning	rijwoning in de Maartje den Outerstraat

	Referentiesituatie		Minimale benchmark - MT-warmtenet
Bouwkundig			
Begane grondvloer	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerde vloer	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerde spouwmuur	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerd dak	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wanden dakkapel	$R_c = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerd	$R_c = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	HR-glas	$U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongeïsoleerde deur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10, \text{kar}} = 0,800 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$		$q_{v-10, \text{kar}} = 0,800 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$
Installatietechnisch			
Ruimteverwarming	HR107-combiketel		MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren		conventionele radiatoren
Warmtapwater	HR107-combiketel		warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer		natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.		n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0		n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	3.398 kWh	3.398 kWh
Gasgebruik	1081 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	0 GJ	21 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	564 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	3.747 kg	2.656 kg
Warmtevraag ³⁾	57 kWh/m ²	61 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 781,64	€ 911,31
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 255,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 854,10	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 0,00	€ 597,87
Totale jaarlijkse energielasten	€ 1.894,12	€ 1.857,40
Maandelijkse energielasten	€ 158	€ 155

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

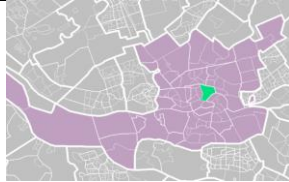
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Huidige energetische kwaliteit

12. Appartement, > 2000

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Appartement - hoekappartement

Uitgangspunten

Bouwperiode	2007
Gebruiksoppervlakte	70,0 m ²
Referentiewoning	appartement aan de Binnenrotte

	Referentiesituatie		Minimale benchmark - MT-warmtenet
Bouwkundig			
Begane grondvloer/vloer boven berging	$R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$	geïsoleerde vloer	$R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel/kopgevel	$R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$	geïsoleerde spouwmuur	$R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wand grenzend aan trappenhuis	$R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$	ongeïsoleerde steens muur	$R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerd dak	$R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$	HR++ glas	$U_w = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongeïsoleerde deur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10;kar} = 0,800 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$		$q_{v-10;kar} = 0,800 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$

Installatietechnisch

Ruimteverwarming	Stadsverwarming	MT-warmtenet
Afgiftesysteem	vloerverwarming	conventionele radiatoren
Warmtapwater	HT-afleverset	warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.	n.v.t.
PV-panelen (m ²)	0	n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	5.561 kWh	5.561 kWh
Gasgebruik	0 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	30 GJ	12 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	478 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	2.947 kg	3.519 kg
Warmtevraag ³⁾	50 kWh/m ²	42 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 1.279,03	€ 1.388,99
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 0,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 0,00	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 344,84	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 854,10	€ 341,64
Totale jaarlijkse energielasten	€ 2.481,35	€ 2.078,85
Maandelijkse energielasten	€ 207	€ 173

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

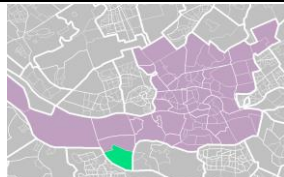
4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Huidige energetische kwaliteit

13. Rijwoning, > 2000

Berekening conform NEN 7120:2011/C5:2014

Projectgegevens



Rijwoning - tussenligging

Uitgangspunten

Bouwperiode	2005
Gebruiksoppervlakte	125,0 m ²
Referentiewoning	Rijwoning met plat dak in Hoogvliet

	Referentiesituatie		Minimale benchmark - MT-warmtenet
Bouwkundig			
Begane grondvloer	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerde vloer	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Langsgevel	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerde spouwmuur	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Plat/hellend dakconstructie	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerd dak	$R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
Wanden dakkapel	$R_c = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$	matig geïsoleerd	$R_c = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ramen	$U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	HR-glas	$U_w = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
Deuren	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	ongeïsoleerde deur	$U_d = 3,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
Infiltratie	$q_{v-10, \text{kar}} = 0,800 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$		$q_{v-10, \text{kar}} = 0,800 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$
Installatietechnisch			
Ruimteverwarming	Stadsverwarming		MT-warmtenet
Afgiftesysteem	conventionele radiatoren		conventionele radiatoren
Warmtapwater	HT-afleverset		warmtepompbooster
Ventilatiesysteem	natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a		natuurlijke toevoer - mechanische afvoer, C4a
Zonneboiler	n.v.t.		n.v.t.
PV-panelen (m²)	0		n.v.t. - woningspecifiek

Energetische eigenschappen ¹⁾

Elektriciteitsgebruik	3.104 kWh	3.104 kWh
Gasgebruik	0 m ³	0 m ³
Eigen opgewekte elektriciteit	0 kWh	0 kWh
Warmtelevering	36 GJ	16 GJ
Elektriciteitsgebruik tapwater	0 kWh	513 kWh
Berekende CO ₂ -emissie ²⁾	2.599 kg	2.341 kg
Warmtevraag ³⁾	52 kWh/m ²	52 kWh/m ²

Indicatie energielasten ⁴⁾

Vaste kosten elektriciteit (per jaar)	€ 315,00	€ 315,00
Verbruikskosten elektriciteit (per jaar)	€ 713,84	€ 831,84
Vermindering energiebelasting (per jaar)	-€ 311,62	-€ 311,62
Vaste kosten gas, incl. servicekosten (per jaar)	€ 0,00	€ 0,00
Verbruikskosten gas (per jaar)	€ 0,00	€ 0,00
Vaste kosten warmtelevering (per jaar)	€ 344,84	€ 344,84
Verbruikskosten warmtelevering (per jaar)	€ 1.024,92	€ 455,52
Totale jaarlijkse energielasten	€ 2.086,98	€ 1.635,58
Maandelijkse energielasten	€ 174	€ 136

1) Het elektriciteitsgebruik en gasgebruik zijn gebaseerd op gemiddelde waarden verkregen uit openbare data.

2) Voor elektriciteit is er gerekend met een CO₂ emissiefactor van 0,53 en voor gas 1,8. (Bron: CBS - rendementen en CO₂ emissie elektriciteitsproductie 2015). Voor de warmtelevering is er gerekend met een CO₂-emissie van 26,49 kg/GJ (bron: CO₂-emissiefactoren 2018)

3) De warmtevraag is berekend volgens de NEN 7120.

4) Voor de energielasten is uitgegaan van een prijs per kWh voor elektriciteit van €0,23, een prijs voor gas van €0,79 per m³ en €28,47 per GJ voor warmtelevering (prijspeil 2019).

Bijlage 2

Investeringskosten

Tabel 8: Investeringskosten minimale benchmark

	prestatie	omschrijving	investering
Begane grondvloer	$R_c \geq 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$	120 mm EPS isolatie (zelf aanbrengen)	€ 15,-/m ²
		80 mm in-situ PUR (icynene ecospray)	€ 30,-/m ²
Langsgevel / kopgevel	$R_c \geq 1,4 \text{ m}^2\text{K/W}$	50 mm spouwmuurisolatie - PS-parels	€ 17,50/m ²
Panelen	$R_c \geq 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	50 mm PIR-isolatie in panelen	€ 60,-/m ²
Wand grenzend aan trappenhuis	$R_c \geq 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	75 mm geïsoleerde metal-stud wand	€ 60,-/m ²
Plat dak	$R_c \geq 4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$		€ 150,-/m ²
Hellend dak	$R_c \geq 4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	Minerale wol van binnenuit aanbrengen (excl. afwerking)	€ 60,-/m ²
Dakkapel		Vervangen ongeïsoleerde dakkapel door geïsoleerde dakkapel	€ 2.500,-/woning
Ramen	HR ⁺⁺ -glas	glasvervanging met behoud kozijnen	€ 150,-/m ²
Infiltratie	$q_{v,10} \leq 0,6 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	aanbrengen tochtstrippen, etc.	€ 450,-/woning

1. De indicatie van de kosten zijn gebaseerd op consumenten prijzen vanuit de Woonwijzerwinkel, prijspeil 2019.

Tabel 9: Investeringskosten minimale benchmark

		Investering
Verwarming	Elektrische weerstandsverwarming	€ 3.000,-
	HT-lucht-water warmtepomp	€ 12.000,-
	LT-lucht-water warmtepomp	€ 9.000,-
	Hybride warmtepomp + CV-ketel	€ 7.000,-
	Aansluiting HT-warmtenet	€ 5.000,-
Afgiftesysteem	Extra LT-radiatoren	€ 300,-/radiator
	Speedcomfort ventilator voor radiator	€ 60,-/ventilator
	Vloerverwarming (droogbouwsysteem)	€ 120,-/m ²
Tapwater	Elektrische boiler	€ 1.500,-
	Elektrisch doorstroomer	€ 1.000,-
	Boosterwarmtepomp	€ 4.000,- ²
Ventilatie	Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	€ 2.850,-
	Gebalanceerde ventilatie met WTW	€ 6.000,-
PV-panelen	1 PV-paneel, 300 Wp per paneel, incl. inverter/montage	€ 450,-
Koken op inductie		€ 1.500,- ¹
Verwijderingskosten	verwijdering van gasmeter en leiding (verschilt per netbeheerder)	€ 500,- (gemiddelde)
Extra post "overig"	Extra kosten aanbrengen schachten, steigerwerk, leidingwerk etc.	€ 4.000,-

¹ Gegevens van Milieu centraal

² Bron: "Kosten aardgasvrij warmteconcepten nieuwbouwwoningen" van DWA d.d. 15 maart 2018

1. De indicatie van de kosten zijn gebaseerd op consumenten prijzen vanuit de Woonwijzerwinkel, prijspeil 2019.

Tabel 10: Investeringskosten laag temperatuursysteem

	prestatie	omschrijving	investering
Begane grondvloer	$R_c \geq 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$	Reflecterende folie	€ 38,-/m ²
Langsgevel / kopgevel	$R_c \geq 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$	50 mm spouwmuurisolatie - PS-parels	€ 185,-/m ²
Plat dak	$R_c \geq 6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	Verwijderen bestaande dakbedekking, nieuwe PIR-isolatie met dakbedekking	€ 175,-/m ²
Hellend dak	$R_c \geq 6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	Nieuw dakelement van buitenaf	€ 175,-/m ²
Ramen	triple-glas	nieuwe kozijnen met triple-glas	€ 1.000,-/m ²
Deuren	$U_d \leq 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$	Nieuwe geïsoleerde voordeur	€ 1.600,-/stuk
Infiltratie	$q_{v,10} \leq 0,4 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	aanbrengen tochtstrippen, manchetten, etc.	€ 650,-/woning

1. De indicatie van de kosten zijn gebaseerd op consumentenprijzen vanuit de Woonwijzerwinkel, prijspeil 2019.

Indicatieve investering – woning niveau

Indicatieve investeringen HT-warmtenet, MT-warmtenet en LT-warmtepomp per woning

Woningtype		Total investering thermische label A + HT-warmtenet	Total investering thermisch label A + MT-warmtenet	Total investering nieuwbouwniveau + LT-warmtepomp	
1.	Tussen-tussen portiekwoning - 1889		€ 17.755,-	€ 21.755,-	€ 49.976,-
2.	Beneden-tussen portiekwoning - 1925		€ 21.630,-	€ 25.630,-	€ 80.541,-
3.	Tussen rijwoning - 1928		€ 24.723,-	€ 28.723,-	€ 69.867,-
4.	Tussen-tussen portiekwoning - '30		€ 18.002,-	€ 22.002,-	€ 46.214,-
5.	Tussen-tussen portiekwoning - '30		€ 19.192,-	€ 23.192,-	€ 58.064,-
6.	Tussen-tussen portiekwoning - '50		€ 16.756,-	€ 20.756,-	€ 43.307,-
7a.	Tussen rijwoning - '60/'70		€ 23.556,-	€ 27.556,-	€ 57.759,-
7b.	Tussen rijwoning - '60/'70		€ 22.113,-	€ 26.113,-	€ 63.129,-
8.	Tussen-tussen portiekwoning - '60		€ 19.592,-	€ 23.592,-	€ 61.736,-
9.	Hoek-boven galerijwoning - '70		€ 32.317,-	€ 36.317,-	€ 81.194,-
10.	Hoek-boven appartementen - '80		€ 34.525,-	€ 38.525,-	€ 84.867,-
11.	Tussen rijwoning - '90		€ 13.850,-	€ 17.850,-	€ 29.693,-
12.	Hoek-tussen appartementen - '00		€ 13.850,-	€ 17.850,-	€ 32.731,-
13.	Tussen rijwoning - '00		€ 11.000,-	€ 15.000,-	€ 27.190,-

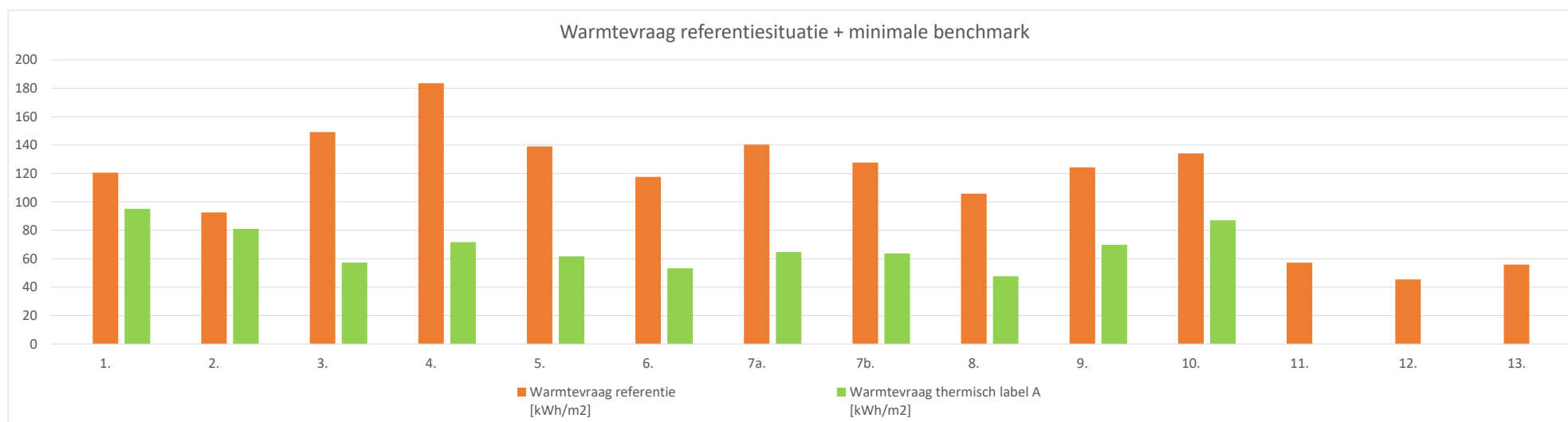
Totale indicatieve investering – gemeentelijk niveau

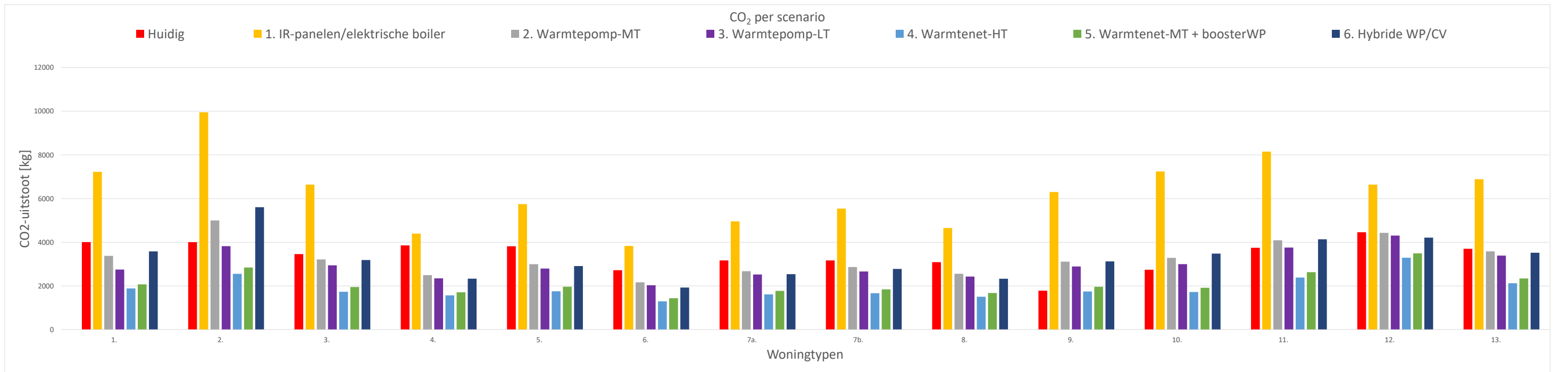
Totale investeringen HT-warmtenet, MT-warmtenet en LT-warmtepomp

Woningtype			Total investering thermische label A + HT-warmtenet	Total investering thermisch label A + MT-warmtenet	Total investering nieuwbouwniveau + LT-warmtepomp
1.	Tussen-tussen portiekwoning - 1889		€ 199.272.546,-	€ 244.165.378,-	€ 560.895.529,-
2.	Beneden-tussen portiekwoning - 1925		€ 242.756.865,-	€ 287.649.697,-	€ 903.922.779,-
3.	Tussen rijwoning - 1928		€ 1.216.678.548,-	€ 1.413.530.798,-	€ 3.438.356.730,-
4.	Tussen-tussen portiekwoning - '30		€ 202.042.434,-	€ 246.935.266,-	€ 518.669.332,-
5.	Tussen-tussen portiekwoning - '30		€ 215.394.965,-	€ 260.287.797,-	€ 651.661.540,-
6.	Tussen-tussen portiekwoning - '50		€ 270.707.747,-	€ 335.330.549,-	€ 699.662.196,-
7a.	Tussen rijwoning - '60/'70		€ 208.595.033,-	€ 244.015.900,-	€ 511.471.381,-
7b.	Tussen rijwoning - '60/'70		€ 195.819.612,-	€ 231.240.479,-	€ 559.017.253,-
8.	Tussen-tussen portiekwoning - '60		€ 681.128.302,-	€ 820.189.242,-	€ 2.146.250.891,-
9.	Hoek-boven galerijwoning - '70		€ 745.772.885,-	€ 838.080.578,-	€ 1.873.715.771,-
10.	Hoek-boven appartementen - '80		€ 1.748.653.638,-	€ 1.951.251.041,-	€ 4.298.471.108,-
11.	Tussen rijwoning - '90		€ 431.688.312,-	€ 556.363.637,-	€ 925.489.871,-
12.	Hoek-tussen appartementen - '00		€ 212.916.102,-	€ 274.408.117,-	€ 503.176.861,-
13.	Tussen rijwoning - '00		€ 186.940.915,-	€ 254.919.430,-	€ 462.077.155,-
Totaal			€ 6.758.367.906,-	€ 7.958.367.907,-	€ 18.052.838.397,-

Bijlage 3

Tabel CO₂-reductie per woningtype





Tabel 11: CO₂-emissie per warmtescenario

Woningtype			Huidig [kg CO ₂]	IR-panelen/ elektrische boiler [kg CO ₂]	Warmtepomp-MT [kg CO ₂]	Warmtenet HT [kg CO ₂]	Warmtenet MT / boosterwarmtepomp [kg CO ₂]	Hybride warmtepomp / CV-ketel [kg CO ₂]	Warmtepomp LT + nieuwbouw schil [kg CO ₂]
1.	Tussen-tussen portiekwoning - 1889		5.404	7.224	3.377	1.887	2.099	3.583	
2.	Beneden-tussen portiekwoning - 1925		7.923	9.952	4.997	2.554	2.893	5.606	
3.	Tussen rijwoning - 1928		6.754	6.642	3.213	1.733	1.977	3.185	2.945
4.	Tussen-tussen portiekwoning - '30		5.346	4.396	2.492	1.568	1.722	2.331	2.348
5.	Tussen-tussen portiekwoning - '30		5.041	5.745	2.996	1.754	1.984	2.909	2.795
6.	Tussen-tussen portiekwoning - '50		3.667	3.830	2.166	1.294	1.451	1.927	2.031
7a.	Tussen rijwoning - '60/'70		4.431	4.955	2.675	1.613	1.790	2.539	2.524
7b.	Tussen rijwoning - '60/'70		4.775	5.541	2.865	1.666	1.862	2.778	2.662
8.	Tussen-tussen portiekwoning - '60		4.521	4.651	2.555	1.504	1.691	2.329	2.429
9.	Hoek-boven galerijwoning - '70		7.494	6.303	3.113	1.745	1.985	3.122	2.891
10.	Hoek-boven appartementen - '80		5.144	7.243	3.284	1.722	1.946	3.481	2.998
11.	Tussen rijwoning - '90		4.729	8.151	4.090	2.384	2.659	4.136	
12.	Hoek-tussen appartementen - '00		4.482	6.641	4.432	3.292	3.508	4.211	
13.	Tussen rijwoning - '00		3.878	6.888	3.584	2.122	2.365	3.520	

1. De monumentale woningen / beschermd stadsgezicht kunnen niet voorzien worden van alle maatregelen behorend bij de minimale benchmark (thermisch label A). Spouwmuurisolatie of isolatie aan de binnenzijde is niet altijd mogelijk/toegestaan. Vandaar dat bij deze woningen niet alle maatregelen zijn toegepast.

2. De varianten zijn voorzien van de minimale benchmark (thermisch label A) qua vraagbeperking, met uitzondering van de woningen van na 1990. De woningen zijn reeds voorzien een redelijke tot goede thermische schil.

Bijlage 4

Routekaarten per woningtype

De volgende keuzekaarten zijn in deze bijlage opgenomen:

- voor alle dertien woningtypen een keuzekaart voor een MT-warmtenet
- van drie woningvormen een keuzekaart voor all-electric (monumentaal, grondgebonden en gestapeld)

Warmtenet – 13 woningtypen

1. Portiekwoning 19^e eeuw

Scenario: MT-Warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

Dergelijke woningen vormen een beschermd stadsgezicht in Rotterdam. Dit betekent dat energetische maatregelen aan de buitenzijde van de woning veelal niet toegestaan zijn. Voor deze woningen vindt vraagbeperking of opwekking van elektra waar mogelijk plaats.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.800 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.500 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Een monument of beschermd stadsgezicht mag niet zomaar verbouwd worden. Dit vergt maatwerk.

Deze woningen hebben veelal houten vloeren opgelegd in de muur, enkel glas/glas-in-lood en steensmuren. De isolatie maatregelen voor deze woningtypen zijn maatwerk.

- ☐ Vloerisolatie indien kruipruimte aanwezig (NB: condensatie bij houten balkkoppen in gevel)
- ☐ Geïsoleerde voorzetwand mogelijk? (NB: luchtdichtheid i.v.m. condensatie)
- ☐ Dakisolatie van binnenuit (NB: luchtdichtheid i.v.m. condensatie)

Aandachtspunten

Bij monumentale woningen/beschermd stadsgezicht is een thermische en hygrische beoordeling nodig. Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €30,- / m²
- Geïsoleerde voorzetwand: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit enkel glas/glas-in-lood glas, met beperkte kierdichting. Vanwege beschermd stadsgezicht/monumentale waarde vormt glasvervanging maatwerk.

Het aanbrengen van ventilatievoorzieningen in overleg met monumentzorg.

- ☐ Plaatsen van monumentenglas of achterzetramen (indien mogelijk)
- ☐ Kierdichting verbeteren (indien mogelijk)
- ☐ Ventilatievoorziening (waar mogelijk)

Aandachtspunten

Houd rekening met de restricties ten aanzien van een beschermd stadsgezicht.

Kosten (indicatief)

- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het verlagen van de warmtedoorgangscoefficiënt van het glas levert een hogere binnentemperatuur op. Kierdichting rondom de ramen beperkt tochtklachten.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Voor monumentale woningen/beschermd stadsgezicht ligt bij beperkte mogelijkheden van isolatie een HT-warmtenet voor de hand. Bij een MT-warmtenet is een secundaire opwekker voor tapwater nodig

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater bij MT
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning bij MT. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

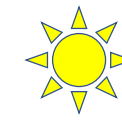
- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp bij MT-warmtenet: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Een hoog temperatuursysteem is voor deze woningen wenselijk in verband met de beperkte mogelijkheden qua isolatie. In dat geval is geen secundaire opwekker voor tapwater nodig.

Stap 4: Energie opwekken



Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschaduwing van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO₂-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk. Het aanbrengen van PV-panelen in overleg met monumentenzorg.

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel

Kosten inclusief installatie en BTW.

.

Eindresultaat

Voor zover mogelijk stappen zetten om tot een CO₂-vrije woning te komen

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om richting een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 168,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 131,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

2. Portiekwoning 1925

Scenario: MT-Warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

Dergelijke portiekwoningen vormen een beschermd stadsgezicht in Rotterdam. Dit betekent dat energetische maatregelen aan de buitenzijde van de woning veelal niet toegestaan zijn. Voor deze woningen vindt vraagbeperking of opwekking van elektra waar mogelijk plaats.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.321 m³/jaar
Stroomverbruik: 3.070 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Een beschermd stadsgezicht mag niet zomaar verbouwd worden. Dit vergt maatwerk.

Deze woningen hebben veelal houten vloeren opgelegd in de muur, enkel glas/glas-in-lood en steensmuren. De isolatie maatregelen voor deze woningtypen zijn maatwerk.

- ☐ Vloerisolatie indien kruipruimte aanwezig (NB: condensatie bij houten balkkoppen in gevel)
- ☐ Geïsoleerde voorzetwand mogelijk? (NB: luchtdichtheid i.v.m. condensatie)
- ☐ Dakisolatie van binnenuit (NB: luchtdichtheid i.v.m. condensatie)

Aandachtspunten

Bij monumentale woningen/beschermd stadsgezicht is een thermische en hygrische beoordeling nodig. Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €30,- / m²
- Geïsoleerde voorzetwand: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit enkel glas/glas-in-lood glas, met beperkte kierdichting. Vanwege beschermd stadsgezicht/monumentale waarde vormt glasvervanging maatwerk.

Het aanbrengen van ventilatievoorzieningen in overleg met monumentzorg.

- ☐ Plaatsen van monumentenglas of achterzetramen (indien mogelijk)
- ☐ Kierdichting verbeteren (indien mogelijk)
- ☐ Ventilatievoorziening (waar mogelijk)

Aandachtspunten

Houd rekening met de restricties ten aanzien van een beschermd stadsgezicht.

Kosten (indicatief)

- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het verlagen van de warmtedoorgangscoefficiënt van het glas levert een hogere binnentemperatuur op. Kierdichting rondom de ramen beperkt tochtklachten.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Voor een woning met een beschermd stadsgezicht ligt bij beperkte mogelijkheden van isolatie een HT-warmtenet voor de hand. Bij een MT-warmtenet is een secundaire opwekker voor tapwater nodig

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater bij MT
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning bij MT. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

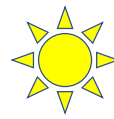
- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp bij MT-warmtenet: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Een hoog temperatuursysteem is voor deze woningen wenselijk in verband met de beperkte mogelijkheden qua isolatie. In dat geval is geen secundaire opwekker voor tapwater nodig.

Stap 4: Energie opwekken



Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschaduwing van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO₂-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk. Het aanbrengen van PV-panelen bij een beschermd stadsgezicht is overleg met de gemeente Rotterdam nodig.

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel

Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Voor zover mogelijk stappen zetten om tot een CO₂-vrije woning te komen

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om richting een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 167,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 179,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen. Als gevolg van hoge vaste kosten en lage variabele kosten stijgen de kosten.

3. Rijwoning, jaren 30

Scenario: MT-Warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

In de jaren dertig werden veel woningen gebouwd. Bergpolder en Blijdorp zijn voorbeelden van wijken voor de middenklasse in het westelijk deel van Delfshaven. In Rotterdam-Zuid verrees huisvesting voor arbeiders. Kenmerken voor de wijken is een gesloten blokbebouwing met portiekontsluiting. De bebouwing is, afhankelijk van de breedte van de straat, tussen de drie en vijf bouwlagen.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.237 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.320 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. De woningen worden gekenmerkt door een steensmuur. Eventueel doorgestorte (balkon)vloeren vormen een koudebrug.

Deze woningen hebben veelal een combinatie van houten en betonvloeren en een steensmuur.

- ☐ Vloerisolatie indien kruipruimte aanwezig (NB: condensatie bij houten balkkoppen in gevel)
- ☐ Geïsoleerde voorzetwand mogelijk? (NB: luchtdichtheid i.v.m. condensatie)
- ☐ Dakisolatie van binnenuit (NB: luchtdichtheid i.v.m. condensatie)

Aandachtspunten

Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €30,- / m²
- Geïsoleerde voorzetwand: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met enkel glas in de kiepramen en beperkte kierdichting. Door plaatsing van HR⁺⁺-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☐ Plaatsen van HR⁺⁺-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Aandachtspunten

Met het vervangen van de beglazing kunnen ook meteen de kozijnen vervangen worden. Dit biedt direct de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het verlagen van de warmtedoorgangscoefficiënt van het glas levert een hogere binnentemperatuur op. Kierdichting rondom de ramen beperkt tochtklachten.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Bij een **MT-warmtenet** is een secundaire opwekker voor warmtapwater benodigd (bijvoorbeeld een booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater bij MT
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning bij MT. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

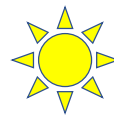
- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp bij MT-warmtenet: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Een hoog temperatuursysteem is voor deze woningen wenselijk in verband met de beperkte mogelijkheden qua isolatie. In dat geval is geen secundaire opwekker voor tapwater nodig.

Stap 4: Energie opwekken



Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschaduwing van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO₂-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk.

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Voor zover mogelijk stappen zetten om tot een CO₂-vrije woning te komen

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om richting een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 147,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 124,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

4. Portiekwoningen, 1935

Scenario: MT-Warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

In de jaren dertig werden veel woningen gebouwd. Bergpolder en Blijdorp zijn voorbeelden van wijken voor de middenklasse in het westelijk deel van Delfshaven. In Rotterdam-Zuid verrees huisvesting voor arbeiders. Kenmerken voor de wijken is een gesloten blokbebouwing met portiekontsluiting. De bebouwing is, afhankelijk van de breedte van de straat, tussen de drie en vijf bouwlagen.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.433 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.408 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze woningen hebben veelal een kruipruimte, een spouwmuur en een matig/ongeïsoleerd dak. Door deze te isoleren kan het warmteverlies teruggedrongen worden.

- ☐ Vloerisolatie vanuit de kruipruimte (R_c > 2,5 m²K/W)
- ☐ Spouwmuur gevuld met isolatiemateriaal (R_c > 1,4 m²K/W)
- ☐ Dakisolatie van buitenaf (R_c > 4,0 m²K/W)

Aandachtspunten

Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €35,- / m²
- Spouwmuurvulling: €17,50 / m²
- Geïsoleerde panelen: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van HR⁺⁺-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☐ Plaatsen van HR⁺⁺-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Aandachtspunten

Met het vervangen van de beglazing kunnen ook meteen de kozijnen vervangen worden. Dit biedt direct de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

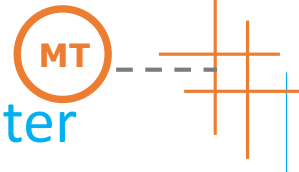
- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken



Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschaduwing van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO₂-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk.

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 95,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 104,- / maand (indicatief). Als gevolg van hoge vaste kosten en lage variabele kosten stijgen de kosten. Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

5. Portiekwoningen, jaren 30

Scenario: MT-Warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

In de jaren dertig werden veel woningen gebouwd. Bergpolder en Blijdorp zijn voorbeelden van wijken voor de middenklasse in het westelijk deel van Delfshaven. In Rotterdam-Zuid verrees huisvesting voor arbeiders. Kenmerken voor de wijken is een gesloten blokbebouwing met portiekontsluiting. De bebouwing is, afhankelijk van de breedte van de straat, tussen de drie en vijf bouwlagen.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.367 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.560 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze woningen hebben veelal een kruipruimte, een spouwmuur en een matig/ongeïsoleerd dak. Door deze te isoleren kan het warmteverlies teruggedrongen worden.

- ☐ Vloerisolatie vanuit de kruipruimte (R_c > 2,5 m²K/W)
- ☐ Spouwmuur gevuld met isolatiemateriaal (R_c > 1,4 m²K/W)
- ☐ Dakisolatie van buitenaf (R_c > 4,0 m²K/W)

Aandachtspunten

Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €35,- / m²
- Spouwmuurvulling: €17,50 / m²
- Geïsoleerde panelen: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van HR⁺⁺-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☐ Plaatsen van HR⁺⁺-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Aandachtspunten

Met het vervangen van de beglazing kunnen ook meteen de kozijnen vervangen worden. Dit biedt direct de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

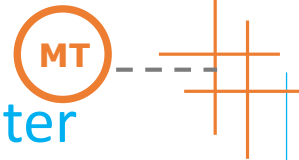
- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwrekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwrekker voor warmtapwater
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

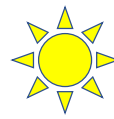
- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken



Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschaduwning van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO₂-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk.

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 161,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 120,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

6. Portiekwoningen, jaren 50

Scenario: MT-Warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

In de jaren vijftig was de woningnood groot in Rotterdam. Dit maakte een snelle productie van woningen noodzakelijk waardoor in deze periode meer gelet werd op kwantiteit dan op kwaliteit. Buiten het centrum van Rotterdam werden in de jaren vijftig nieuwe uitbreidingswijken aangelegd. Voorbeelden daarvan zijn de wijken Pendrecht, Lombardije en Zuidwijk, in het zuiden van de stad. Collectieve aanpak is voor dit woningtype nodig.

Energieverbruik

Gasverbruik: 940 m³/jaar
Stroomverbruik: 1.941 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen

De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze portiekwoningen hebben veelal een kruipruimte, verdiepingsvloeren van holle bakstenen, een spouwmuur en een matig/ongeïsoleerd dak. Door deze te isoleren kan het warmteverlies teruggedrongen worden.

- ☐ Vloerisolatie vanuit de kruipruimte (Rc > 2,5 m²K/W)
- ☐ Spouwmuur gevuld met isolatiemateriaal (Rc > 1,4 m²K/W, NB: vochtdoorslag)
- ☐ Dakisolatie van binnenuit/buitenaf (Rc > 4,0 m²K/W)

Aandachtspunten

De portieklats zijn gebouwd in een tijd van grote schaarste. De kwaliteit van de gebouwen is dan ook, zeker in het begin van de jaren vijftig, als matig te beschouwen. Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €35,- / m²
- Spouwmuurvulling: €17,50 / m²
- Geïsoleerde panelen: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie

Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van HR++-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☐ Plaatsen van HR++-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Aandachtspunten

Met het vervangen van de beglazing kunnen ook meteen de kozijnen vervangen worden. Dit biedt direct de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater

Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken

Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschaduwing van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO₂-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk.

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: €121,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 92,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

7a. Rijwoningen '50/'60

Scenario: MT-Warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

Veel voorkomend type in Rotterdam. Door doorlopende elementen en repetitie efficiënt om meerdere woningen tegelijk aan te pakken. Woningtypologie leent zich goed voor CO₂-vrij door verhouding dakoppervlak / vloeroppervlak.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.300 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.500 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze woningen hebben veelal een kruipruimte en een spouwmuur. Door deze te isoleren kan het warmteverlies teruggedrongen worden.

- ☐ Vloerisolatie vanuit de kruipruimte (R_c > 2,5 m²K/W)
- ☐ Spouwmuur gevuld met isolatiemateriaal (R_c > 1,4 m²K/W)
- ☐ Panelen van binnenuit voorzien van isolatiemateriaal (R_c > 2,0 m²K/W)
- ☐ Dakisolatie bij voorkeur van buitenaf isoleren (R_c > 4,0 m²K/W)

Aandachtspunten

Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie, bij dakisolatie van binnenuit.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €35,- / m²
- Spouwmuurvulling: €17,50 / m²
- Geïsoleerde panelen: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van HR⁺⁺-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☐ Plaatsen van HR⁺⁺-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Aandachtspunten

Met het vervangen van de beglazing kunnen ook meteen de kozijnen vervangen worden. Dit biedt direct de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

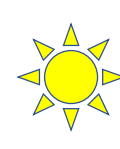
- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken



Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschaduwing van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO₂-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk.

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: €137,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 109,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

7b. Rijwoningen '50/'60 Hellend dak en dakkapel

Scenario: MT-Warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

Veel voorkomend type in Rotterdam. Door doorlopende elementen en repetitie efficiënt om meerdere woningen tegelijk aan te pakken. Woningtypologie leent zich goed voor CO₂-vrij door verhouding dakoppervlak / vloeroppervlak.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.056 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.393 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze woningen hebben veelal een kruipruimte en een spouwmuur. Door deze te isoleren kan het warmteverlies teruggedrongen worden.

- ☐ Vloerisolatie vanuit de kruipruimte (R_c > 2,5 m²K/W)
- ☐ Spouwmuur gevuld met isolatiemateriaal (R_c > 1,4 m²K/W)
- ☐ Panelen gevuld met isolatiemateriaal (R_c > 2,0 m²K/W)
- ☐ Dakisolatie van binnenuit of buitenaf (R_c > 4,0 m²K/W)

Aandachtspunten

Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €35,- / m²
- Spouwmuurvulling: €17,50 / m²
- Geïsoleerde panelen: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van HR⁺⁺-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☐ Plaatsen van HR⁺⁺-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Aandachtspunten

Met het vervangen van de beglazing kunnen ook meteen de kozijnen vervangen worden. Dit biedt direct de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

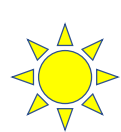
- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken



Een woning met een hellend dak en dakkapellen biedt vrijwel geen ruimte voor PV-panelen. Woningsspecifiek beoordelen of PV-panelen aan de zon georiënteerde dakzijde mogelijk is.

- ☐ Indien mogelijk zon georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Een dak met dakkapellen zoals op de foto, biedt weinig ruimte voor PV-panelen. Voor dit woningtype is opwekking op gebiedsniveau nodig.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 137,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 106,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

8. Portiekflat ’60

Scenario: MT-warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

Veel voorkomend type in Rotterdam. Portiekflat met bergingen op de begane grond, appartementen op de verdieping. Zowel individuele installaties als blokverwarming. Collectieve aanpak noodzakelijk.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.100 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.300 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen

De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze portiekwoningen hebben veelal een kruipruimte en een spouwmuur. Door deze te isoleren kan het warmteverlies teruggedrongen worden.

- ☐ Isolatie 1^e verdiepingsvloer boven bergingen (R_c > 2,5 m²K/W)
- ☐ Spouwmuur gevuld met isolatiemateriaal (R_c > 1,4 m²K/W)
- ☐ Dakisolatie (R_c > 4,0 m²K/W)

Aandachtspunten

Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Het is wenselijk om de wand tussen het trappenhuis en het appartement te voorzien van een geïsoleerde voorzetwand.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €35,- / m²
- Spouwmuurvulling: €17,50 / m²
- Geïsoleerde panelen: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie

Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van HR⁺⁺-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☐ Plaatsen van HR⁺⁺-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Aandachtspunten

Met het vervangen van de beglazing kunnen ook meteen de kozijnen vervangen worden. Dit biedt direct de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater

Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken

Het dak van de portieketageflat biedt (beperkt) ruimte aan PV-panelen. Het is wenselijk zoveel mogelijk elektra op te wekken voor de woningen en/of collectieve voorzieningen (verlichting).

- ☐ Zoveel mogelijk dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het beschikbare dakvlak is beperkt ten opzichte van het aantal woningen om tot een CO₂-vrij woongebouw te komen. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 134,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 104,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

9. Galerijflat ’70

Scenario: MT-warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

In de jaren zestig en zeventig trachtte de gemeente Rotterdam het enorme naoorlogse woningtekort terug te dringen. Daarom moesten wijken als Ommoord, Zevenkamp, Zuidwijk, Lombardijen snel en kostenefficiënt worden gebouwd. Flats van verschillende hoogte, ruim opgezet in een groene omgeving, met een vergelijkbaar, eenvormig uiterlijk verzezen. Collectieve aanpak noodzakelijk.

Energieverbruik

Gasverbruik: 721 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.442 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze woningen hebben veelal een kruipruimte, verdiepingsvloeren van holle bakstenen, een spouwmuur en een matig/ongeïsoleerd dak. Door deze te isoleren kan het warmteverlies teruggedrongen worden.

- ☐ Isolatie 1^e verdiepingsvloer boven bergingen (R_c > 2,5 m²K/W)
- ☐ Spouwmuur gevuld met isolatiemateriaal (R_c > 1,4 m²K/W, NB: doorgestorte vloeren en balkon/galerijdragers)
- ☐ Dakisolatie (R_c > 4,0 m²K/W)

Aandachtspunten

Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Het is wenselijk om de wand tussen het trappenhuis en het appartement te voorzien van een geïsoleerde voorzetwand.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €35,- / m²
- Spouwmuurvulling: €17,50 / m²
- Geïsoleerde panelen: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van HR⁺⁺-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☐ Plaatsen van HR⁺⁺-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Aandachtspunten

Met het vervangen van de beglazing kunnen ook meteen de kozijnen vervangen worden. Dit biedt direct de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

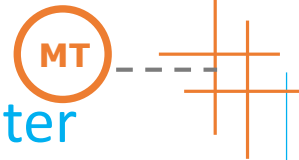
- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater



De flats uit deze periode hebben vaak een centrale gasgestookte verwarmingsketel in een ketelhuis met een individuele warmwater voorziening. Een aansluiting op het warmtenet vergt een centrale opwekker, een afleverset in het appartement en nieuwe distributieleidingen. Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + distributieleidingen vanaf centrale opwekker
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater
- ☐ Aanpassen leidingen in appartement
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

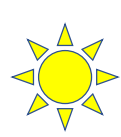
- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken



Het dak van de galerijflat biedt (beperkt) ruimte aan PV-panelen. Het is wenselijk zoveel mogelijk elektra op te wekken voor de woningen en/of collectieve voorzieningen (verlichting).

- ☐ Zoveel mogelijk dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het beschikbare dakvlak is beperkt ten opzichte van het aantal woningen om tot een CO₂-vrij woongebouw te komen. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 129,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 123,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

10. Appartementen '80

Scenario: MT-warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

Gedurende de jaren tachtig blijft de vraag naar woonruimte groot. Er vindt vervangende nieuwbouw plaats. In deze periode worden, hetzij beperkt naar de huidige maatstaven, isolatiematerialen in de constructies geïntegreerd. Een collectieve aanpak is bij deze woongebouwen noodzakelijk.

Energieverbruik

Gasverbruik: 875 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.200 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze appartementen hebben veelal een matig geïsoleerde thermische schil van enkele centimeters isolatie. Het verder isoleren vergt thermisch/hygrische beoordeling.

- ☐ Isolatie begane grondvloer / 1^e verdiepingsvloer boven bergingen (R_c > 2,5 m²K/W)
- ☐ Spouwmuur gevuld met isolatiemateriaal (R_c > 1,4 m²K/W)
- ☐ Dakisolatie (R_c > 4,0 m²K/W)

Aandachtspunten

Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Het is wenselijk om de wand tussen het trappenhuis en het appartement te voorzien van een geïsoleerde voorzetwand.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €35,- / m²
- Spouwmuurvulling: €17,50 / m²
- Geïsoleerde panelen: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van HR⁺⁺-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☐ Plaatsen van HR⁺⁺-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Aandachtspunten

Met het vervangen van de beglazing kunnen ook meteen de kozijnen vervangen worden. Dit biedt direct de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

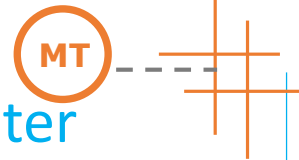
- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater



De flats uit deze periode hebben vaak een centrale gasgestookte verwarmingsketel in een ketelhuis met een individuele warmwater voorziening. Een aansluiting op het warmtenet vergt een centrale opwekker, een afleverset in het appartement en nieuwe distributieleidingen. Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + distributieleidingen vanaf centrale opwekker
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater
- ☐ Aanpassen leidingen in appartement
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

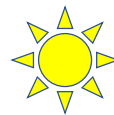
- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken



Het dak van de appartementen biedt (beperkt) ruimte aan PV-panelen. Het is wenselijk zoveel mogelijk elektra op te wekken voor de woningen en/of collectieve voorzieningen (verlichting).

- ☐ Zoveel mogelijk dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het beschikbare dakvlak is beperkt ten opzichte van het aantal woningen om tot een CO₂-vrij woongebouw te komen. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 121,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 125,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen. Als gevolg van hoge vaste kosten en lage variabele kosten stijgen de kosten.

11. Rijwoning ’90

Scenario: MT-warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

Voorbeelden van nieuwbouw uit de jaren negentig zijn te vinden in de wijken Prinsenland en Kop van Zuid. In de jaren 90 werd de EnergiePrestatieCoefficient (EPC) ingevoerd en worden met de komst van het Bouwbesluit minimale thermische eisen gesteld aan vloeren, gevels en daken.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.081m³/jaar
Stroomverbruik: 3.398 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



Voor de woningen uit de jaren 90 geldt dat de thermische schil geschikt is voor een HT-en MT-warmtenet. Hogere isolatiewaarden zijn wenselijk bij laag temperatuursystemen.

- ☒ Isolatie begane grondvloer (R_c > 2,5 m²K/W)
- ☒ Geïsoleerde spouwmuur (R_c > 2,5 m²K/W)
- ☒ Dakisolatie (R_c > 2,5 m²K/W)

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit HR/HR+ glas, met redelijke kierdichting. Dit glas hoeft niet vervangen te worden.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☒ Plaatsen van HR⁺⁺-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Kosten (indicatief)

- Verbeteren kierdichting: €450,-
 - Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Deze woningen zijn veelal voorzien van een individuele CV-ketel.

Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

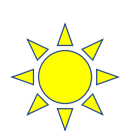
- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken



Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschaduwing van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO₂-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk.

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het beschikbare dakvlak is beperkt ten opzichte van het aantal woningen om tot een CO₂-vrij woongebouw te komen. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 158,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 155,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

12. Appartement > 2000

Scenario: MT-warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

Het in de jaren negentig ingevoerde beleid werd verder uitgevoerd op basis van het VINEX-programma (Vierde Nota Ruimtelijke ordening Extra). Het beleid van de nota was gericht op woningbouw rond de grotere steden met uitbreidingslocaties zoals Nesselande en het herontwikkelen van binnenstedelijke (industriële) locaties zoals Katendrecht, de Wilhelminapier en de Mullerpier.

In deze eeuw kwam daar meer projectmatige woningbouw bij, de thermische kwaliteit neemt steeds meer toe.

Energieverbruik

Gasverbruik: 0 m³/jaar / 28 GJ warmtelevering
Stroomverbruik: 5.561 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



Voor woongebouwen vanaf > 2000 geldt dat de thermische schil geschikt is voor een HT-en MT-warmtenet.

- ☒ Isolatie begane grondvloer (Rc > 3,5 m²K/W)
- ☒ Geïsoleerde spouwmuur (Rc > 3,5 m²K/W)
- ☒ Dakisolatie (Rc > 4,0 m²K/W)

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit HR/HR+ glas, met redelijke kierdichting. Dit glas hoeft niet vervangen te worden.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☒ Plaatsen van HR++-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

Kosten (indicatief)

- Verbeteren kierdichting: €450,-
 - Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Deze appartementen zijn veelal voorzien van een individuele CV-ketel.

Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

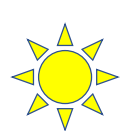
Kosten (indicatief)

- Plaatsing afleverset €5.000,-
 - Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
 - Koken op inductie €1.500,-
 - Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
 - Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
 - Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken



Het dak van de appartementen biedt (beperkt) ruimte aan PV-panelen. Het is wenselijk zoveel mogelijk elektra op te wekken voor de woningen en/of collectieve voorzieningen (verlichting).

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het beschikbare dakvlak is beperkt ten opzichte van het aantal woningen om tot een CO₂-vrij woongebouw te komen. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Opbrengsten

Door deze ingreep wordt er evenveel energie opgewekt als dat er verbruikt wordt. Afhankelijk van vastrecht en transportkosten is er mogelijk nog een zeer lage energierekening.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 207,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 173,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

13. Rijwoningen > 2000

Scenario: MT-warmtenet – strategie 2



Karakteristieken

Het in de jaren negentig ingevoerde beleid werd verder uitgevoerd op basis van het VINEX-programma (Vierde Nota Ruimtelijke ordening Extra). Het beleid van de nota was gericht op woningbouw rond de grotere steden met uitbreidingslocaties zoals Nesselande en het herontwikkelen van binnenstedelijke (industriële) locaties zoals Katendrecht, de Wilhelminapier en de Mullerpier.

In deze eeuw kwam daar meer projectmatige woningbouw bij, de thermische kwaliteit neemt steeds meer toe.

Energieverbruik

Gasverbruik: 0 m³/jaar / 28 GJ warmtelevering
Stroomverbruik: 3.104 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



Voor woningen vanaf > 2000 geldt dat de thermische schil geschikt is voor een HT-en MT-warmtenet.

- ☒ Isolatie begane grondvloer (Rc > 3,5 m²K/W)
- ☒ Geïsoleerde spouwmuur (Rc > 3,5 m²K/W)
- ☒ Dakisolatie (Rc > 4,0 m²K/W)

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit HR/HR+ glas, met redelijke kierdichting. Dit glas hoeft niet vervangen te worden.

Voor een goede binnenluchtkwaliteit is het aanbrengen van ventilatieroosters en mechanische afzuiging gewenst.

- ☒ Plaatsen van HR++-glas
- ☐ Kierdichting verbeteren
- ☐ Ventilatie met ventilatieroosters aanbrengen

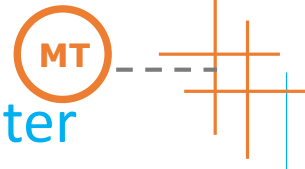
Kosten (indicatief)

- Verbeteren kierdichting: €450,-
 - Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Deze woningen zijn veelal voorzien van een individuele CV-ketel.

Een aansluiting op het warmtenet vergt een afleverset in de meterkast + aanpassing leidingwerk vanaf huidige CV naar afleverset.

Bij **MT-warmtenet** aanbrengen secundaire opwekker voor warmtapwater (booster warmtepomp).

- ☐ Aanbrengen afleverset in meterkast + graafwerkzaamheden in straat/tuin
- ☐ Secundaire opwekker voor warmtapwater
- ☐ Verleggen leidingen vanaf CV-ketel naar afleverset
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen.
Positie warmtepompbooster in woning.
Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

- Plaatsing afleverset €5.000,-
- Aanpassen leidingwerk in de woning €4.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Plaatsen boosterwarmtepomp: €4.000,-
- Eventueel speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het comfort zal bij een MT-warmtenet vergelijkbaar zijn als met de CV-ketel wanneer de woning matig geïsoleerd is.

Stap 4: Energie opwekken



Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschaduwing van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO₂-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk.

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het beschikbare dakvlak is beperkt ten opzichte van het aantal woningen om tot een CO₂-vrij woongebouw te komen. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

Eindresultaat

Richting een CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 174,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 136,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

All-electric – 3 hoofdtypen
monumentaal/grondgebonden / gestapeld

1. Portiekwoning 19^e eeuw

Scenario: MT-Warmtepomp – strategie 4



Karakteristieken

Dergelijke woningen vormen een beschermd stadsgezicht in Rotterdam. Dit betekent dat energetische maatregelen aan de buitenzijde van de woning veelal niet toegestaan zijn. Voor deze woningen vindt vraagbeperking of opwekking van elektra waar mogelijk plaats.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.800 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.500 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Een monument of beschermd stadsgezicht mag niet zomaar verbouwd worden. Dit vergt maatwerk.

Deze woningen hebben veelal houten vloeren opgelegd in de muur, enkel glas/glas-in-lood en steensmuren. De isolatie maatregelen voor deze woningtypen zijn maatwerk.

- ☐ Vloerisolatie indien kruipruimte aanwezig (NB: condensatie bij houten balkkoppen in gevel)
- ☐ Geïsoleerde voorzetwand mogelijk? (NB: luchtdichtheid i.v.m. condensatie)
- ☐ Dakisolatie van binnenuit (NB: luchtdichtheid i.v.m. condensatie)

Aandachtspunten

Bij monumentale woningen/beschermd stadsgezicht is een thermische en hygrische beoordeling nodig. Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €30,- / m²
- Geïsoleerde voorzetwand: €60,- / m²
- Dakisolatie: €150,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door meer te isoleren, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Ramen/ventilatie



Dit woningtype bestaat veelal uit enkel glas/glas-in-lood glas, met beperkte kierdichting. Vanwege beschermd stadsgezicht/monumentale waarde vormt glasvervanging maatwerk.

Het aanbrengen van ventilatievoorzieningen in overleg met monumentzorg.

- ☐ Plaatsen van monumentenglas of achterzetramen (indien mogelijk)
- ☐ Kierdichting verbeteren (indien mogelijk)
- ☐ Ventilatievoorziening (waar mogelijk)

Aandachtspunten

Houd rekening met de restricties ten aanzien van een beschermd stadsgezicht.

Kosten (indicatief)

- Vervangen glas/behoud kozijnen: €150,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €450,-
- Aanbrengen ventilatiesysteem: €2.850,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Het verlagen van de warmtedoorgangscoefficiënt van het glas levert een hogere binnentemperatuur op. Kierdichting rondom de ramen beperkt tochtklachten.

Stap 3: Verwarming/tapwater



Bij monumentale woningen/beschermd stadsgezicht zijn zo weinig mogelijk aanpassingen in de woning gewenst. Bij een all-electric concept ligt een MT-warmtepomp voor de hand, met extra verwarmingscapaciteit (speed comfort ventilatoren).

- ☐ Plaatsen MT-warmtepomp
- ☐ Aanpassingen warmteafgifte, extra capaciteit (speed comfort ventilatoren)
- ☐ Plaatsen koken op inductie

Aandachtspunten

Aansluiting op warmtenet in woning + wijziging leidingen. Positie warmtepompbooster in woning bij MT. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

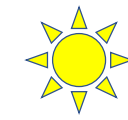
- Elektrische weerstandsverwarming: €3.000,-
- Koken op inductie €1.500,-
- Elektrische boiler: €1.500,-
- Speedcomfort ventilator: € 60,- /stuk
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Bij elektrische weerstandsverwarming in combinatie met een matig geïsoleerde thermische schil is het comfort kritisch.

Stap 4: Energie opwekken



Een woning met een plat dak of hellend dak biedt ruimte voor PV-panelen. Houd rekening met beschaduwing van naastgelegen woningen, bomen, dakkapellen etc. Om te komen tot CO₂-vrije woningen is zelf opwekken van elektra zeer wenselijk. Het aanbrengen van PV-panelen in overleg met monumentenzorg.

- ☐ Zoveel mogelijk gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht, of op gebiedsniveau worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel

Kosten inclusief installatie en BTW.

.

Eindresultaat

Voor zover mogelijk stappen zetten om tot een CO₂-vrije woning te komen

- ☒ 1. Dichte delen geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing / ventilatie
- ☒ 3. Verwarming/tapwater aardgasvrij
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om richting een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is met opwekking van elektra op gebiedsniveau en verdere verduurzaming van het warmtenet CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 168,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten € 143,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

Rijwoningen jaren '50/'60

Scenario: LT-warmtepomp – strategie 3



Karakteristieken

Veel voorkomend type in Rotterdam. Door doorlopende elementen en repetitie efficiënt om meerdere woningen tegelijk aan te pakken. Woningtypologie leent zich goed voor CO₂-neutraal door verhouding dakoppervlak / vloeroppervlak.

Energieverbruik

Gasverbruik: 1.300 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.500 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze woningen hebben veelal een kruipruimte en een spouw. Door deze te benutten kan het warmteverlies snel teruggedrongen worden.

- ☐ Vloerisolatie vanuit de kruipruimte (R_c > 3,5 m²K/W)
- ☐ Gevel/panelen voorzien van isolatiemateriaal (R_c > 4,5 m²K/W)
- ☐ Dakisolatie van buitenaf aangebracht (R_c > 6 m²K/W)

Aandachtspunten

Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €38,- / m²
- Isoleren buitenzijde gevel: €185,- / m²
- Dakisolatie: €175,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, bijvoorbeeld door voorzetwanden te plaatsen, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Gevelopeningen



Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van triple-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

- ☐ Plaatsen van triple glas
- ☐ Kierdichting verbeteren

Aandachtspunten

Het vervangen van de beglazing heeft ook tot gevolg dat de kozijnen vervangen moeten worden. Dit biedt de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

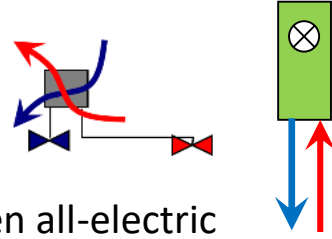
- Vervangen kozijnen met triple-glas: €1.000,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €650,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen. Het is van belang om zo snel mogelijk na aan brengen van deze stap en goed ventilatiesysteem te installeren.

Stap 3: Installaties



Dit woningtype is geschikt voor een all-electric energieconcept met een warmtepomp. Hiervoor moet er ventilatie worden geplaatst met WTW, een laag temperatuur afgiftesysteem en een warmtepomp worden aangebracht.

- ☐ Ventilatie met WTW aanbrengen
- ☐ Afgiftesysteem geschikt voor LT verwarming
- ☐ Individuele LT-warmtepomp in of naast de woning

Aandachtspunten

Bovenstaande maatregelen vragen om een volledige herziening van de verwarmingsinstallatie. De huidige individuele CV-ketel, leidingwerk en radiatoren worden verwijderd. Aanbrengen individuele LT-warmtepomp, LT-radiatoren, convectoren of vloerverwarming. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

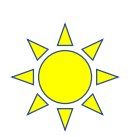
- Aanbrengen gebalanceerde ventilatie: €6.000,-
- Vloerverwarming (droogbouw): €120,-/m²
- Lucht/waterwarmtepomp €9.000,-
- Extra LT-radiator € 300,-/stuk
- Koken op inductie €1.500,-
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

De warmtepomp kan ook koelen in combinatie met vloerverwarming als afgiftesysteem. Dit kost extra energie, maar biedt extra comfort.

Stap 4: Energie opwekken



Nadat de woning enkel nog hernieuwbare energie gebruikt, is het mogelijk om deze energie zelf op te wekken. Dit kan door PV-panelen te plaatsen op gunstig georiënteerde dakvlakken.

- ☐ In kaart brengen energiebehoefte
- ☐ Gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht of via een postcoderoos project op een extern dak worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel
- Kosten inclusief installatie en BTW.

.

Eindresultaat

CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing
- ☒ 3. Aardgasloos verwarmd
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is eventueel met opwekking van elektra op gebiedsniveau CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: €137,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten €111,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.

Galerijflat jaren '70

Scenario: LT-warmtepomp – strategie 3



Karakteristieken

In de jaren zestig en zeventig trachtte de gemeente Rotterdam het enorme naoorlogse woningtekort terug te dringen. Daarom moesten wijken als Ommoord, Zevenkamp, Zuidwijk, Lombardijen snel en kostenefficiënt worden gebouwd. Flats van verschillende hoogte, ruim opgezet in een groene omgeving, met een vergelijkbaar, eenvormig uiterlijk verzezen. Collectieve aanpak noodzakelijk.

Energieverbruik

Gasverbruik: 721 m³/jaar
Stroomverbruik: 2.442 kWh/jaar
(verbruik op basis van postcode)

De hier aangegeven kosten en opbrengsten zijn indicatief en kunnen geen rechten aan ontleend worden. Deze keuzekaart maakt onderdeel uit van het onderzoek “stapsgewijze aanpak CO₂-vrije woningen”.

Stap 1: Isoleren dichte delen



De eerste stap in de transitie is isoleren. Deze flats hebben veelal een kruipruimte, verdiepingsvloeren van holle bakstenen, een spouwmuur en een matig/ongeïsoleerd dak. Door deze te isoleren kan het warmteverlies teruggedrongen worden.

- ☐ Vloerisolatie vanuit de kruipruimte ($R_c > 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- ☐ Gevel/panelen voorzien van isolatiemateriaal ($R_c > 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)
- ☐ Dakisolatie van buitenaf aangebracht ($R_c > 6 \text{ m}^2\text{K/W}$)

Aandachtspunten

Denk aan het beperken/voorkomen van koudebruggen en/of inwendige condensatie.

Kosten (indicatief)

- Vloerisolatie: €38,- / m²
- Isoleren buitenzijde gevel: €185,- / m²
- Dakisolatie: €175,- / m²

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Genoemde isolatiewaarden zijn minimaal vereiste waarden. Door meer te isoleren, bijvoorbeeld door voorzetwanden te plaatsen, kan een hoger comfort en lagere energierekening behaald worden.

Stap 2: Gevelopeningen



Dit woningtype bestaat veelal uit dubbel glas, met beperkte kierdichting. Door plaatsing van triple-glas en goede kierdichting wordt energie bespaard.

- ☐ Plaatsen van triple glas
- ☐ Kierdichting verbeteren

Aandachtspunten

Het vervangen van de beglazing heeft ook tot gevolg dat de kozijnen vervangen moeten worden. Dit biedt de kans om de kierdichting te verbeteren.

Kosten (indicatief)

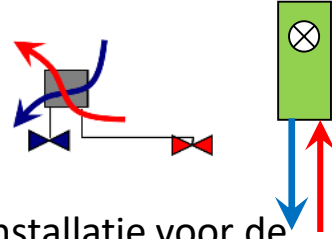
- Vervangen kozijnen met triple-glas: €1.000,- / m²
- Verbeteren kierdichting: €650,-

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Door de verbetering van de isolatiewaarden kan ook de opwarming van de woning toenemen. Zonwering aan de buitenzijde kan dit voorkomen. Het is van belang om zo snel mogelijk na aan brengen van deze stap en goed ventilatiesysteem te installeren.

Stap 3: Installaties



De galerijflat ligt een collectieve installatie voor de hand. Bijvoorbeeld een WKO-systeem met een afleverzet in de appartementen. Daarnaast is toepassing van ventilatie met WTW en een laag temperatuur afgiftesysteem benodigd.

- ☐ Ventilatie met WTW aanbrengen
- ☐ Afgiftesysteem geschikt voor LT verwarming
- ☐ Plaatsing warmtepomp

Aandachtspunten

Bovenstaande maatregelen vragen om een volledige herziening van de verwarmingsinstallatie. Huidige blokverwarming, leidingwerk en radiatoren worden verwijderd. Aanbrengen WKO-systeem, afleverzet en afgiftesysteem in de appartementen. Doordat er geen gasaansluiting meer is, moet er ook elektrisch gekookt worden.

Kosten (indicatief)

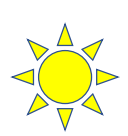
- Aanbrengen gebalanceerde ventilatie: €6.000,-
- Vloerverwarming (droogbouw): €120,-/m²
- WKO-systeem, distributieleidingen etc.: P.M.
- Koken op inductie €1.500,-
- Afsluiten en verwijderen gasaansluiting: € 500,- (verschilt per leverancier)

Kosten inclusief installatie en BTW.

Comfort

Bij een WKO-systeem vindt koeling plaats om de bodembron in balans te houden. Koeling biedt de bewoner in de zomerperiode extra comfort.

Stap 4: Energie opwekken



Nadat de woning enkel nog hernieuwbare energie gebruikt, is het mogelijk om deze energie zelf op te wekken. Dit kan door PV-panelen te plaatsen op gunstig georiënteerde dakvlakken.

- ☐ In kaart brengen energiebehoefte
- ☐ Gunstig georiënteerd dakvlak benutten voor PV
- ☐ Resterende energie duurzaam inkopen

Aandachtspunten

Het kan voorkomen dat de beschikbare dakoppervlakte onvoldoende is voor een CO₂-neutrale woning. De overige energie kan groen worden ingekocht of via een postcoderoos project op een extern dak worden opgewekt.

Kosten (indicatief)

- Aanbrengen PV-panelen: €450,- per paneel

Kosten inclusief installatie en BTW.

.

Eindresultaat

CO₂-vrije woning

- ☒ 1. Geïsoleerd
- ☒ 2. Geïsoleerde beglazing
- ☒ 3. Aardgasloos verwarmd
- ☒ 4. Maximale energieopwekking

De stappen die nodig zijn om een CO₂-vrije woning te realiseren zijn doorlopen en de woning is eventueel met opwekking van elektra op gebiedsniveau CO₂-vrij

Door de stappen in deze volgorde te nemen, wordt er na elke stap direct energie bespaard en zitten de maatregelen elkaar niet in de weg.

Opbrengsten

Door het treffen van de hiervoor genoemde maatregelen nemen de energielasten af. De werkelijke energielasten zijn sterk afhankelijk van het bewonersgedrag, zoals bijvoorbeeld de binnentemperatuur en het douchegebruik.

De huidige energielasten voor dit woningtype bedraagt op basis van postcode verbruik: € 129,- / maand

Na het treffen van maatregelen onder stap 1 t/m 3 bedragen de energielasten €125,- / maand (indicatief). Dit is exclusief de opwekking van PV-panelen.



Vestiging Utrecht

Atoomweg 400
Postbus 40217
3504 AA Utrecht
T 030-241 34 27

Vestiging Zwolle

Dr. Van Lookeren -
Campagneweg 16
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T 038-467 00 30

www.nieman.nl
info@nieman.nl