

**OVER  
MORGEN**

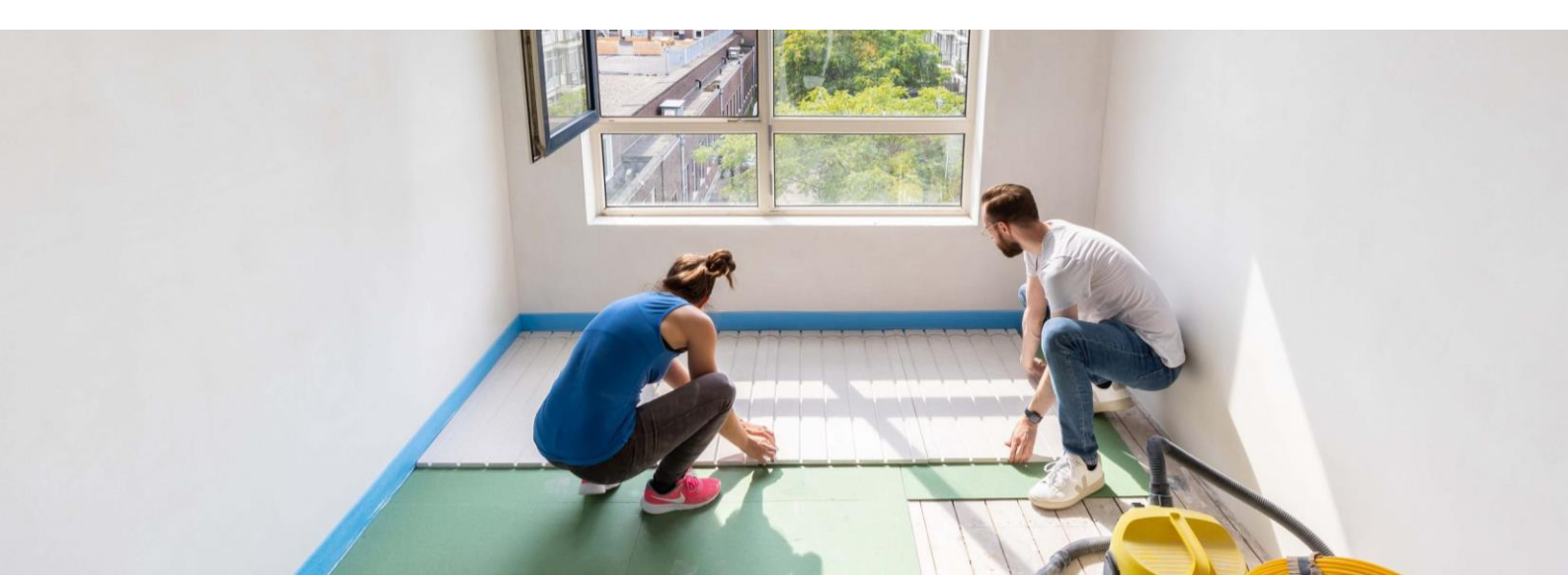


## **Amsterdams Isolatieplan (AIP)**

### **Bijlage A. Berekeningsmethodiek**

*4 augustus 2023*





# Bijlage A. Berekeningsmethodiek

## bij Onderzoeksrapport Amsterdams Isolatieplan

Over Morgen en CE Delft, augustus 2023

Deze publicatie is geschreven door:

Frida Boone, Rob Geldhof, Ingrid Giebels, Marit Vuyk (Over Morgen)

Florian Hesselink, Hein-Bert Schurink, Marianne Teng (CE Delft)

Publicatienummer: 23.220451.143b

Thema's: Gemeenten / Isolatie / Warmte / Duurzaam / Kosten / Circulair / Monumentaal erfgoed.

Opdrachtgever: Gemeente Amsterdam

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

© copyright, CE Delft, Delft en Over Morgen, Amersfoort

# Inhoudsopgave

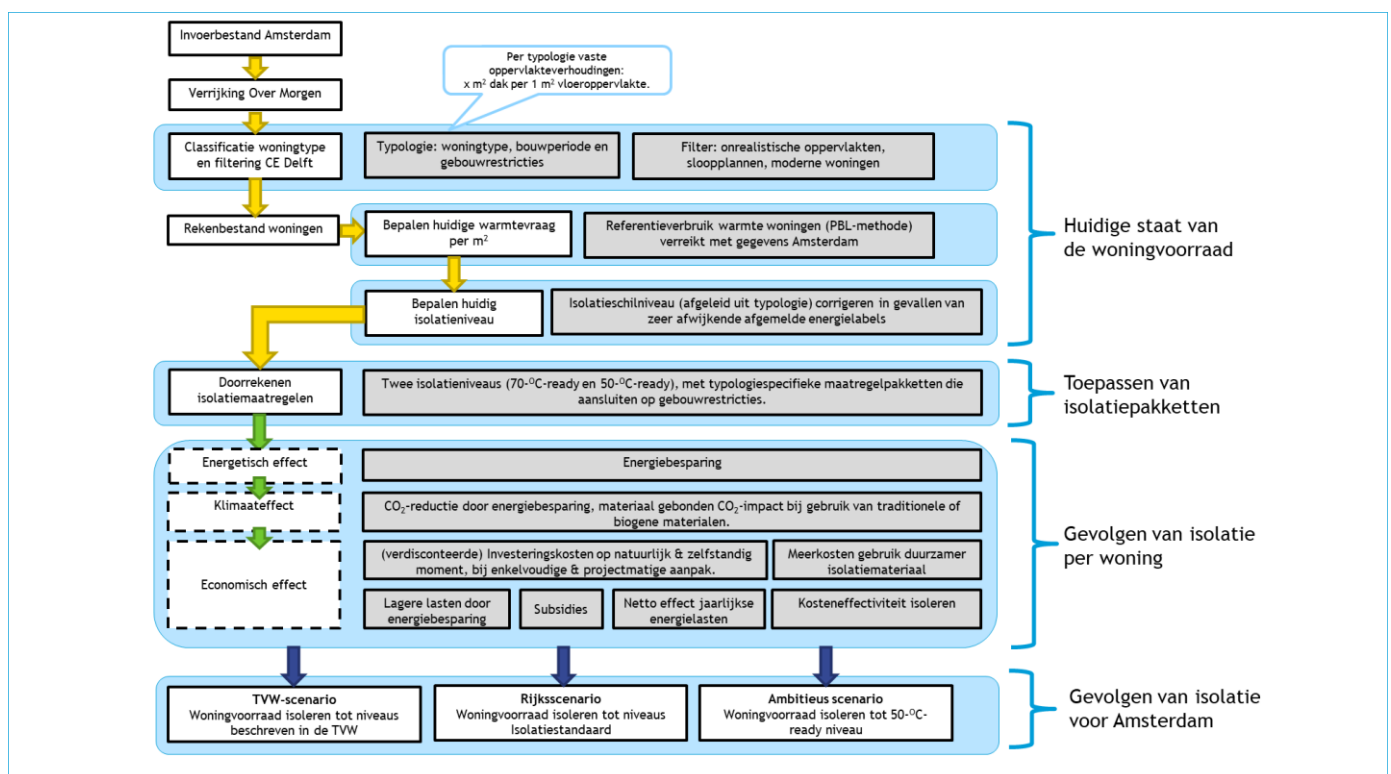
<b>A.</b>	<b>Berekeningsmethodiek</b>	<b>4</b>
A.1	Algemene uitgangspunten	4
A.2	Gebruik van analyseresultaten	5
A.3	Woningdata	7
A.4	Huidig isolatieniveau	9
A.5	Berekeningsmethodiek huidige warmtevraag	11
A.6	Benodigde isolatiemaatregelen	12
A.7	Energiebesparing	19
A.8	CO <sub>2</sub> -besparing	20
A.9	Isolatiekosten	21
A.10	Erfgoed	26
A.11	Circulair materiaalgebruik	28
A.12	Zonwering ter voorkoming van actieve koeling	31
A.13	Financiële berekeningen	32
A.14	Resultaten op gemeenteniveau	32
	<b>Bijlage I. Kostenvergelijking standaard en biobased bouwmaterialen</b>	<b>39</b>

# A. Berekeningsmethodiek

Deze bijlage beschrijft de berekeningsmethodiek die gebruikt is in dit onderzoek. Alle bronnen voor datasets, aannames en methodes zijn hierin beschreven.

## A.1 Algemene uitgangspunten

Deze studie gebruikt de “bottom-up” methode. Alle berekeningen worden op een zo klein mogelijk detail niveau (woningniveau) uitgevoerd en vervolgens geaggregeerd naar totale resultaten. Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van de berekeningen die zijn gedaan. We gebruiken een invoerbestand van de gemeente Amsterdam met daarin data voor de gehele woningvoorraad. Deze dataset bevat naast adressen onder meer gegevens over woningtype, erfgoed en eigendomsoort. Over Morgen heeft hier verdere gegevens uit openbare bronnen toegevoegd. We classificeren de woningen en filteren woningen waarvan onvoldoende of onrealistische data beschikbaar is. Met de overige woningen gaan we rekenen. Hoewel we veel gegevens hebben van de woningen, weten we niet precies hoe goed ze zijn geïsoleerd. We gaan voor de huidige isolatieschil daarom uit van de voorbeeldwoningen van RVO. Met dat uitgangspunt berekenen we vervolgens het energiebesparend effect van isolatiepakketten. De pakketten bestaan uit verschillende maatregelen, zoals het plaatsen van HR++ glas en het isoleren van het dak. Het maatregelpakket is specifiek aan het woningtype. De pakketten brengen de woning naar één van twee isolatieniveaus, klaar wat betreft isolatie voor verwarmen met 70 respectievelijk 50 graden. Per woning leidt dat tot energetische, klimaat gerelateerde en economische effecten die we kwantificeren. Deze effecten per woning aggregeren we binnen drie beleidsscenario's naar effecten voor de stad.



Figuur 1. Schematisch overzicht van de berekeningen

In de beschrijving van de berekeningsmethodiek nemen we aan dat de lezer bekend is met:

- Standaard voor woningisolatie<sup>1</sup>;
- Voorbeeldwoningen RVO<sup>2</sup>;

<sup>1</sup> <https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/standaard-streefwaarden-woningisolatie>

<sup>2</sup> <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-01/brochure-voorbeeldwoningen-bestaande-bouw-2022.pdf>

- Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving<sup>3</sup>;
- Referentieverbruik warmte PBL<sup>4</sup>;
- Kostenkengetallen Arcadis<sup>5</sup>.

Over elk onderwerp hebben we een korte uitleg openomen in de tekstbox.

#### **Standaard voor woningisolatie**

De standaard voor woningisolatie geeft aan of een woning goed genoeg is geïsoleerd, zodat deze geschikt is voor aardgasvrij verwarmen. Isoleren naar de standaard betekent dat woningen die gebouwd zijn na 1945 met warmte van 50°C kunnen worden verwarmd. Voor woningen die voor 1945 zijn gebouwd geldt een temperatuur van 70°C. De standaard is gedefinieerd als een maximale warmtevraag in kWh/m<sup>2</sup>, die afhankelijk is van het woningtype/bouwjaar en de vormfactor van een woning.

#### **Voorbeeldwoningen RVO**

RVO heeft 51 voorbeeldwoningen voor bestaande bouw gedefinieerd, variërend in woningtype en bouwperiode. De voorbeeldwoningen zijn opgesteld om te gebruiken in studies als deze. In de brochure met de voorbeeldwoningen wordt het als volgt verwoord: "Nederland telt ongeveer 8 miljoen bestaande woningen waarin nog veel energie te besparen is. Bij het opstellen van beleidsadviezen en energieanalyses voor bijvoorbeeld woningcorporaties, overheden en energiebedrijven is er behoefte aan woningen die als theoretische onderlegger gebruikt kunnen worden. De Voorbeeldwoningen uit deze brochure<sup>6</sup> zijn hiervoor geschikt.". De voorbeeldwoningen zijn representatief voor de bestaande woningvoorraad. Voor elke voorbeeldwoning is per gebouwelement een representatieve Rc-waarde voor dat element gegeven. Hierbij is rekening gehouden met isolatiemaatregelen die al vaak genomen zijn. RVO heeft niet voor elk woningtype exact dezelfde bouwperiodes aangehouden. Voor sommige woningtypen is er onderscheid gemaakt tussen de periode voor 1945 en tussen 1945 en 1964. Voor andere woningtypen zijn deze perioden samengenomen.

#### **Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving (UMGO)**

De UMGO is een instrument van het Expertisecentrum Warmte (ECW). De Uniforme Maatlat bestaat uit een protocol (beschrijving van de methode) en een rekenmodel met voorbeeldberekeningen. Het rekenmodel bevat de rekenmethode van de NTA8800:2022 (Energieprestatie van gebouwen – Bepalingmethode)<sup>7</sup>. De Uniforme Maatlat biedt de mogelijkheid verschillende isolatiepakketten door te rekenen op energiebesparing of te controleren of een voorbeeldwoning na het toepassen van isolatiemaatregelen voldoet aan de standaard.

#### **Referentieverbruik warmte PBL**

Het referentieverbruik warmte is een methode van het PBL om per woning de werkelijke warmtevraag van een woning te schatten. Hierin worden attributen zoals het bouwjaar, oppervlak, woningtype, eigendomssituatie, schillabel en locatie meegenomen. We leggen de methode in deze bijlage in meer detail uit.

#### **Kostenkengetallen Arcadis**

Arcadis onderhoudt in opdracht van RVO een uitgebreide kostendatabase bij over energiebesparende maatregelen. Hierin staan per maatregel de investeringskosten voor materiaal, materieel, arbeid en een opslag, rekening houdend met de uitgangssituatie in de woning en verschillende projectaanpakken. De kosten zijn in september 2022 voor het laatst geactualiseerd.

## **A.2 Gebruik van analyseresultaten**

In deze studie maken we op relatief hoog detailniveau een inschatting van de kosten en effecten van het isoleren van de gehele woningvoorraad van Amsterdam. Zo beschouwen we individuele woningeigenschappen en rekenen we de isolatiemaatregelen toe per gebouwelement. Hoewel we veel verschillende informatie een plek geven in de analyse, moeten we daarvoor ook veel aannames doen. In de praktijk zullen deze aannames bijna nooit helemaal kloppen: voor elke woning in Amsterdam zal er in werkelijkheid wel iets anders zijn dan aangenomen in deze analyse. De precisie van de resultaten, zeker gekeken naar één individuele woning, is daarom beperkt.

<sup>3</sup> <https://www.rvo.nl/onderwerpen/verduurzaming-warmtevoorziening/instrumenten>

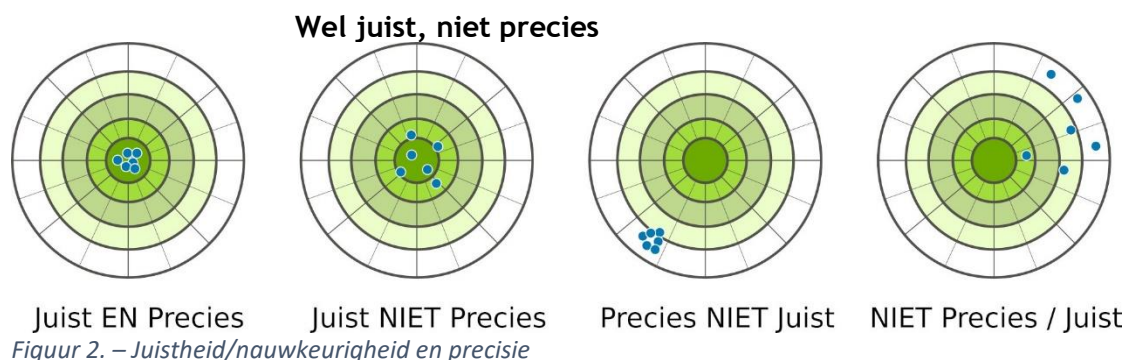
<sup>4</sup> <https://www.pbl.nl/publicaties/referentieverbruik-warmte-woningen#:~:text=Het%20referentieverbruik%20warmte%20woningen%20schat,woningen%20met%20dezelfde%20bouwtechnische%20kenmerken.>

<sup>5</sup> <https://digipesis.com/uitleg>

<sup>6</sup> <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-01/brochure-voorbeeldwoningen-bestaande-bouw-2022.pdf>

<sup>7</sup> <https://www.nen.nl/nta-8800-2022-nl-290717>

Op een geaggregeerd niveau, gekeken naar een straat of een buurt, komen de resultaten dicht bij de werkelijkheid te liggen. Door het hoge detailniveau van de analyse is deze namelijk nauwkeuriger geworden: we zitten minder ver van de waarheid af dan wanneer we bijvoorbeeld een vast besparingskengetal per woningtype hadden genomen. De analyse is daarom meer 'juist' dan simpelere methoden, maar nog altijd beperkt precies. Figuur 2 geeft het verschil tussen juistheid en precisie weer.



Dit onderscheid tussen juistheid en precisie maakt dat de gemeente haar isolatiebeleid goed kan afwegen en vormgeven met de resultaten. Bijvoorbeeld door het aanbrengen van focus op stadsdelen waar relatief 'goedkoop' veel besparing kan worden gehaald, of gebieden met relatief hoge armoede waar ook het energieverbruik erg hoog is.

In de onderstaande tabel geven we een indicatie van de betrouwbaarheid van de uitkomsten op verschillende aggregatieniveaus.

*Tabel 1: Betrouwbaarheid van analyse op verschillende aggregatieniveaus.*

Aggregatieniveau	Aantal woningen	Gebruik van analyseresultaten
Stad Amsterdam	Circa 500.000	Zeer betrouwbare inschatting: verdeling warmtevraag, isolatiekwaliteit van woningvoorraad en analyse op sociaaleconomische kenmerken door de stad mogelijk.
Stadsdeel	Circa 75.000	
CBS-wijk	3.000 - 15.000	
CBS-buurt	200 - 3.000	Redelijk betrouwbare inschatting: resultaten kunnen in grensgevallen een vertekenend beeld geven van de werkelijke situatie.
Postcode 6, straatblok of complex	10 - 200	Indicatieve inschatting: analyse dient als redelijk signalement voor isolatieopgave, nader onderzoek naar werkelijke situatie is gewenst.
Enkele woning(en)	1 - 10	Zeer grove inschatting: de werkelijke situatie zal regelmatig significant afwijken van de analyseresultaten. Anders dan eventuele signalering geen directe conclusies uit trekken.

Er moet echter streng voor worden gewaakt dat de analyseresultaten van een enkele woning voorschrijvend worden ingezet, bijvoorbeeld in een actieplan. Het mag niet gebeuren dat een individuele woning op basis van deze analyse uitgesloten wordt van gemeentelijk beleid, omdat deze volgens onze aannames al goed genoeg geïsoleerd zou zijn.

## A.3 Woningdata

### Filtering basisbestand

We gaan uit van de dataset van gemeente Amsterdam, het 'basisbestand'. Een 'woning' is, conform de terminologie van de BAG, een 'verblijfsobject'. Een aantal attributen van deze verblijfsobjecten staan aan de basis van de analyse. Denk bijvoorbeeld aan woningtype en oppervlakte. Voor sommige verblijfsobjecten zijn deze gegevens niet beschikbaar of niet betrouwbaar (mogelijke fout in databestand). Voor deze woningen voeren we geen berekeningen uit en in de dataset markeren we deze woningen met "onbetrouwbaar". Het gaat om de volgende woningen uit de dataset:

- Woningen zonder bekend gebruiksoppervlak (geen data);
- Woningen met zeer hoog gebruiksoppervlak (niet betrouwbaar);
- Woningen met gebruiksoppervlak van 1 m<sup>2</sup> (niet betrouwbaar);
- Woningen met woningtype 'niet wonen' en 'specifiek object' (waarschijnlijk geen woning).

Ook zijn er woningen die niet geïsoleerd hoeven te worden. Deze zijn al goed genoeg geïsoleerd zijn om aan de standaard te voldoen of er zijn concrete plannen om de woningen te slopen. Voor deze woningen voeren we geen berekeningen uit, omdat zij geen isolatie maatregelen hoeven te nemen. Het gaat om:

- Woningen met afgemeld label A of beter (goed genoeg geïsoleerd);
- Woningen gebouwd na 2005 (goed genoeg geïsoleerd);
- Woningen met bij ons bekende plannen tot sloop, gebaseerd op gegevens in het basisbestand (niet relevant om mee te nemen).

### Woningtypologie

We verdelen het Amsterdamse woningbestand in combinaties van woningtypen (Tabel 22), en bouwperiodes (Tabel 33). Deze combinaties hebben relatief homogene karakteristieken als het gaat om woningisolatie en energievraag. Afhankelijk van de locatie in de stad maken we ook onderscheid in erfgoed-gerelateerde restricties aan isolatie (zie ook A.11).

Tabel 2 – Onderscheidende woningtypes

Woningtypes
Flat- of galerijwoning (appartement)
Maisonnette
Portiekwoning
Tussenwoning
Hoekwoning/Twee-onder-een-kap
Vrijstaande woning

Tabel 3 – Onderscheidende bouwperiodes

Bouwperiode	Toelichting keuze
Voor 1920	Geen spouwmuren, met name binnenstad en 19 <sup>e</sup> -eeuwse ring
1920-1945	Soms spouwmuren, met name gordel 20'-40'
1946-1964	Spouwmuur werd verplicht
1965-1974	Voorschriften voor gesubsidieerde woningen
1975-1991	Vanaf 1974 lagere energie-index
1992-2005	Verplichte Rc van 2,5 m <sup>2</sup> K/W en dubbele beglazing
Na 2005	Aanscherping energieprestatie woningen 2006

We gebruiken voor het woningtype het attribuut 'woningtype' in de dataset van Amsterdam. We combineren daarmee een aantal vergelijkbare typen tot 'flat- of galerijwoning (appartement)'. Dit zijn in de gemeentedata: galerijwoning, flatwoning (overig), flat/appartement, woongebouw met niet-zelfstandige woonruimte. Woningtypen 'flat- of galerijwoningen', portiekwoningen en maisonnette zijn meersgezinswoningen: meerdere woningen in één gebouw.

Met zes woningtypes en zeven bouwperiodes onderscheiden we 42 woningtypen, elk met drie restrictieniveaus. We schalen gegevens van deze woningtypen met de oppervlaktes van de woningen in de dataset. Woningen gebouwd na 2005 voldoen al aan het geambieerde isolatieniveau (de Standaard) en laten we daarom buiten

beschouwing in de analyse. We analyseren dus 35 woningtypen. In Tabel 4 staat de frequentie van het aantal woningen in de typologie. Hiervoor hebben we gebruik gemaakt van het ontvangen databestand van de gemeente Amsterdam.

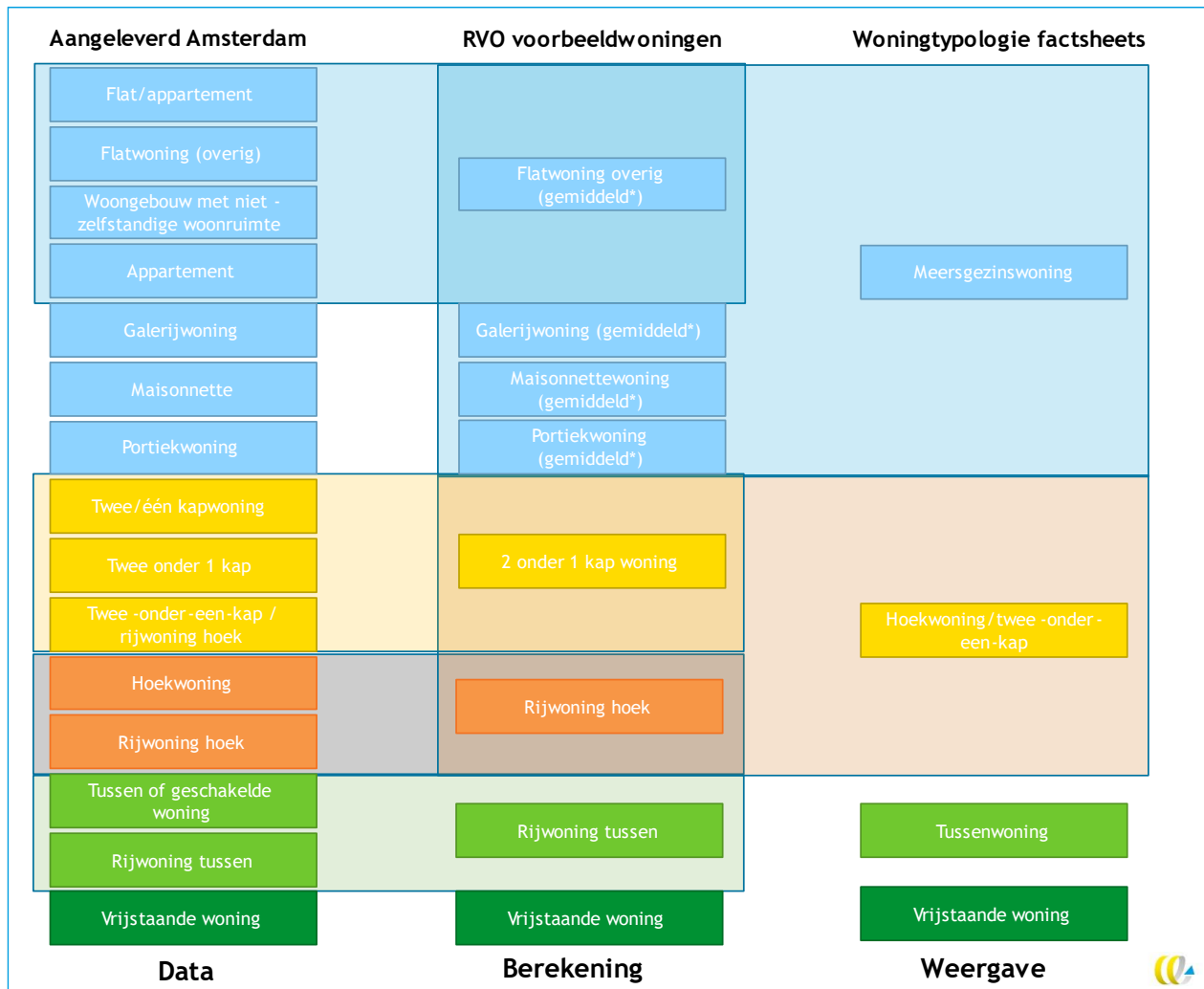
Tabel 4 – Frequentie aantal woningen per woningtype en bouwperiode

Woningtype	Voor 1920	1920-1945	1946-1964	1965-1974	1975-1991	1992-2005	Na 2005	Totaal
Flat- of galerijwoning (appartement)	74.644	62.666	28.245	24.410	48.539	31.497	52.047	322.048
Maisonnette	7.566	6.636	2.952	708	2.925	2.317	3.070	26.174
Portiekwoning	9.619	11.771	6.515	2.183	8.803	3.253	726	42.870
Tussenwoning	3.681	4.780	6.762	1.599	7.716	8.917	7.082	40.537
Twee-onder-een-kap / hoekwoning	745	2.702	2.389	499	2.595	2.241	2.053	13.224
Vrijstaande woning	217	473	370	235	423	444	651	2.813
Niet wonen	27	11	8	1	1	11	3	62
<b>Totaal</b>	<b>96.499</b>	<b>89.039</b>	<b>47.241</b>	<b>29.635</b>	<b>71.002</b>	<b>48.680</b>	<b>65.632</b>	<b>447.728</b>

Het valt op dat bijna driekwart van de Amsterdamse woningen zijn geclassificeerd als flat- of galerijwoning. Dit, terwijl in de binnenstad, 19e-eeuwse ring en gordel '20-'40 ook veel maisonnettes en portiekwoningen staan. Het is duidelijk dat een deel van deze woningen in de BAG is aangeduid als appartement, bijvoorbeeld als gevolg van splitsing van panden. Helaas is een correctie van de data niet mogelijk binnen dit project. Als gevolg hiervan rapporteren we de resultaten in dit onderzoek alleen op het niveau van meergezinswoningen.

Figuur 3 laat zien hoe de verschillende woningtypen in de verschillende fasen van het project samenhangen. Links staan alle woningtypen die voorkomen in de dataset die aangeleverd is door de gemeente Amsterdam. In het midden staat aan welke RVO voorbeeldwoning ze zijn gekoppeld voor de berekeningen. Helemaal rechts staat in welke categorie het resultaat getoond wordt.





Figuur 3. Samenhang van de verschillende woningtypen in de verschillende fasen van het project.

\* Een meersgezinswoning heeft andere oppervlakteverhouding en energieverbruiken afhankelijk van de ligging in het gebouw. Zo heeft een galerijwoning op de bovenverdieping meer schiloppervlakte dan een galerijwoning op een tussengelegen verdieping, deze laatstgenoemde heeft immers geen dak. De RVO voorbeeldwoningen houden hier rekening mee en onderscheiden verschillende liggingstypes. De 'gemiddelde' meersgezinswoning van RVO is een fictieve woning met o.a. een bepaalde omvang van het vloer- en dakoppervlak, zodat het opgetelde schiloppervlakte van alle meersgezinswoningen in het pand optelt naar realistische totaaloppervlakten voor het gebouw. Omdat we van de Amsterdamse meersgezinswoningen niet de ligging in het gebouw weten gaan we uit van dit gemiddelde woningtype.

## A.4 Huidig isolatieniveau

We bepalen het huidige isolatieniveau van een woning met behulp van het woningtype en bouwjaar van een woning. Het huidige isolatieniveau van woningen is niet hetzelfde als de originele staat van een woning toen het gebouwd werd. Om in te schatten wat de huidige staat is van een woning, gaan we in de basis uit van de isolatieniveaus zoals in de Voorbeeldwoningen van RVO zijn opgenomen. Dit is de best beschikbare data over de isolatiewaarden van de verschillende gebouwdelen.

### Correctie op huidig isolatieniveau op basis van het energielabel

In eerste instantie bepalen we het huidige isolatieniveau op basis van het type woning en het bouwjaar. Indien een woning een afgemeld energielabel heeft, doen we een correctie op de huidige isolatiewaarden. Deze correctie volgt de volgende stappen:

- We kijken op basis van type en bouwjaar welke RVO voorbeeldwoning bij de woning past, en we vergelijken het label van de RVO voorbeeldwoning met het afgemelde label van de woning.

- Is het afgemelde label beter of slechter dan het label van de voorbeeldwoning, dan kijken we naar respectievelijk een recentere of oudere bouwperiode voor de voorbeeldwoning. We wijzen de woning de isolatiewaarden van die recentere of oudere voorbeeldwoning toe.
- Aangezien de voorbeeldwoningen niet één label, maar een range aan labels hebben, kijken we of het afgemelde label buiten de range van veelvoorkomende energie labels voor de desbetreffende voorbeeldwoning valt. Tabel 5 geeft de range van labels die we hebben aangehouden per RVO voorbeeldwoning. Wanneer het afgemelde energielabel van een woning buiten de range ligt van de bijbehorende voorbeeldwoning wordt de correctie toegepast. Wanneer het label binnen de range ligt, wordt geen correctie toegepast.

Op 13% van de woningen is met deze methode een correctie toegepast<sup>8</sup>. De meeste correcties hebben het huidige isolatieniveau naar boven toe gecorrigeerd.

Tabel 5 Range van energielabels per RVO voorbeeldwoning

RVO voorbeeldwoning	Ondergrens label	Bovengrens label		RVO voorbeeldwoning	Ondergrens label	Bovengrens label
vrij <1965	G	C		maison <1965	G	C
vrij 1965-1974	D	C		maison 1965-1974	D	C
vrij 1975-1991	C	B		maison 1975-1991	C	B
vrij 1992-2005	B	A		maison 1992-2005	B	A
vrij 2006-2012	B	A		maison 2006-2012	B	A
vrij >2012	A	A		maison >2012	B	A
2/1kap <1965	G	C		galerij <1965	G	C
2/1kap 1965-1974	D	C		galerij 1965-1974	E	C
2/1kap 1975-1991	C	B		galerij 1975-1991	D	B
2/1kap 1992-2005	B	A		galerij 1992-2005	B	A
2/1kap 2006-2012	B	A		galerij 2006-2012	B	A
2/1kap >2012	A	A		galerij >2012	B	A
hoek <1946	G	C		portiek <1946	G	C
hoek 1946-1964	D	C		portiek 1946-1964	G	C
hoek 1965-1974	C	C		portiek 1965-1974	D	C
hoek 1975-1991	C	B		portiek 1975-1991	C	C
hoek 1992-2005	B	A		portiek 1992-2005	B	A
hoek 2006-2012	A	A		portiek 2006-2012	B	A
hoek >2012	A	A		portiek >2012	B	A
tussen <1946	G	C		flat (overig) <1965	G	D
tussen 1946-1964	E	C		flat (overig) 1965-1974	G	E
tussen 1965-1974	D	C		flat (overig) 1975-1991	D	A
tussen 1975-1991	C	B		flat (overig) 1992-2005	B	A
tussen 1992-2005	C	A		flat (overig) 2006-2012	B	A
tussen 2006-2012	B	A		flat (overig) >2012	B	A
tussen >2012	A	A				

<sup>8</sup> Een warmtenetaansluiting leidt tot een beter energielabel voor een woning. Daardoor bestaat het risico dat we het huidige isolatieniveau overschatten. Uit een nadere analyse blijkt dat het grootste deel van de woningen waar een correctie op is toegepast, geen warmtenetaansluiting heeft. Van de 13% van de woningen waar een correctie heeft plaatsgevonden had slechts 1%-punt van de woningen een warmtenetaansluiting.

## A.5 Berekeningsmethodiek huidige warmtevraag

We schatten de huidige warmtevraag in met behulp van de PBL-methode en dataset ‘Referentieverbruik warmte woningen’<sup>9</sup>. De aanleiding voor het ontwikkelen van deze methode is de databehoeftte van gemeenten in de warmtetransitie. Gemeenten hebben steeds meer behoefte aan inzicht in het energieverbruik op een hoog detailniveau, echter is dit beperkt mogelijk vanwege wetgeving. Individuele energieverbruiksgegevens, zoals bekend bij netbeheerders en CBS, mogen niet publiek worden gedeeld. Het PBL heeft om deze beperking heen gewerkt en op basis van individuele gebruiksgegevens een statistisch model gemaakt, wat rekening houdt met vergelijkbare eigenschappen tussen woningen. Hiermee kunnen we dus zo goed als mogelijk inschatten wat de werkelijke warmtevraag is van een woning.

### *Referentieverbruik*

Met het model kan een goede inschatting worden gedaan van het zogenaamde referentieverbruik. Het referentieverbruik is de hoeveelheid warmte (in GJ) die per jaar nodig is voor de ruimteverwarming in de woning. Een belangrijke kanttekening is dat op het niveau van een enkele woning dit referentieverbruik niet zal kloppen, tussen twee vergelijkbare woningen kunnen grote afwijkingen in verbruik zitten. Bijvoorbeeld door leegstand of bewonersgedrag. Deze individuele verschillen kunnen we dus niet afleiden uit het referentieverbruik, immers betreft dit privacygevoelige informatie. Wanneer we naar het referentiegebruik van een groep van 50 woningen kijken, dan komt het totale referentieverbruik van die 50 woningen goed overeen met wat er werkelijk gebruikt wordt volgens meterdata. Daarmee is het referentieverbruik de beste inschatting van de huidige warmtevraag die we kunnen doen.

### *Eigenschappen meegenomen in het schatten van de warmtevraag*

Het PBL-model gebruikt zes eigenschappen van een woning om tot een verbruiksinschatting te komen:

1. De oppervlakte van de woning
2. Het woningtype (vrijstaand, appartement in hoogbouw, etc.)
3. De bouwperiode (elf verschillende perioden, typerend voor de bouwkwaliteit en isolatieschil)
4. De eigendomssituatie (koopwoning, sociale huur of particuliere huur)
5. Het schillabel\*
6. De locatie van de woning\*\*

\* **Het schillabel** van een woning is afgeleid van het energielabel, en wordt gebruikt ter indicatie van de isolatiekwaliteit van de gebouwschil. In de energielabelmethodiek worden ook zaken als de aanwezigheid van zonnepanelen en het aangesloten zijn op een duurzaam warmtenet meegenomen. Hierdoor kan het zo zijn dat een woning op warmtenet een label A heeft, terwijl het schillabel in werkelijkheid eerder label C is. Het PBL heeft hier omheen gewerkt door woningen met zonnepanelen of aansluiting op een warmtenet buiten de dataset te houden. Voor Amsterdam passen we daar een correctie op toe, beschreven in de volgende sub paragraaf.

\*\* De locatie van de woning komt in twee factoren tot uiting, de zogenaamde **klimaatfactor** en de **lokale praktijkfactor**.

De **klimaatfactor** is een regionale waarde waarmee het referentieverbruik wordt vermenigvuldigd. In het noordoosten van Nederland ligt de gemiddelde temperatuur iets hoger en wordt een hogere factor gehanteerd (-1,06), in het zuidwesten is de gemiddelde temperatuur iets lager en wordt een lagere factor gehanteerd (-0,9). In Amsterdam ligt deze rond de 1.

De **lokale praktijkfactor** is een zogenaamde fitfactor waarmee afwijkingen tussen het lokaal geschat en daadwerkelijk gemeten verbruik bij elkaar worden gebracht. Hierin zitten dus allerlei factoren die afwijkingen kunnen verklaren, zoals huishoudgrootte en -samenstelling, leeftijd van bewoners, gedrag van bewoners, inkomen, etc. In het databestand van PBL heeft elke woning een lokale praktijkfactor, die op een van vier aggregatieniveaus tot stand is gekomen:

1. Gemeente
2. Gemeente en wijk

<sup>9</sup> Voor meer informatie over PBL-methode en dataset ‘Referentieverbruik warmte woningen’ zie <https://www.pbl.nl/gemeentebestand-referentieverbruik-warmte-woningen> en <https://www.pbl.nl/publicaties/referentieverbruik-warmte-woningen>.

3. Gemeente, wijk en woningtype
4. Gemeente, wijk, woningtype en eigendomstype

Bij voorkeur doet het PBL de correctie op basis van alle vier de attributen. Om te voldoen aan privacywetgeving daalt het detailniveau wanneer de factor met een groep van minder dan 50 woningen wordt bepaald.

#### Correcties op de PBL-methode in Amsterdam

Het PBL heeft een volledige dataset voor woningen in Amsterdam (met bouwjaar tot 2020), en daarbij een inschatting van de zes eerdergenoemde eigenschappen. Dit zijn inschattingen van het PBL, en dus niet feitelijke woninggegevens. PBL heeft bijvoorbeeld een inschatting over de eigendomssituatie van een woning gedaan, maar niet de feitelijke eigendomssituaties gebruikt (wederom vanwege privacy). In dit onderzoek hebben we wel de beschikking over de eigendomssituatie van woningen in Amsterdam. We hebben deze informatie toegepast in het model van PBL.

Daarnaast weten we niet hoe een warmtenet is verwerkt in de afgemelde RVO energielabels (zie hierboven). Voor woningen aangesloten op een warmtenet hebben we daarom het schillabel op 'onbekend' gezet. Voor de overige woningen hebben we het afgegeven energielabel als proxy voor schillabel genomen.

Voor de overige eigenschappen (bouwperiode, oppervlak, etc.) is de Amsterdamse data grofweg gelijk aan de dataset van PBL. We hebben daarin de Amsterdamse data gebruikt.

#### Van referentieverbruik warmte naar energieverbruik

Het referentieverbruik warmte is niet hetzelfde als het energieverbruik van de woning (het meterverbruik). Allereerst heeft het PBL een correctie gedaan op het energieverbruik voor warm tapwater en koken. We beschouwen dus alleen de vraag voor ruimteverwarming. Verder is het referentieverbruik warmte 'techniekneutraal', wat wil zeggen dat het toepasbaar is voor alle woningen ongeacht of er een cv-ketel staat of een warmtepomp. Om tot energieverbruik te komen rekenen we daarom met de rendementen van de specifieke installatie. Omdat we gegevens hebben over woningen die aangesloten zijn op een warmtenet maken we in dit onderzoek onderscheid tussen twee mogelijke situaties, een cv-ketel of een warmtenetaansluiting. In werkelijkheid worden er nog meer installatiesoorten gebruikt (waarvan we niet weten in welke woningen ze staan), zoals hr-ketels, (hybride) warmtepompen en blokverwarming.

## A.6 Benodigde isolatiemaatregelen

In de berekeningen hanteren we twee isolatieniveaus:

- 70°C-ready: een isolatieniveau dat zo goed mogelijk aansluit bij vooroorlogse isolatiestandaard;
- 50°C-ready: een isolatieniveau dat zo goed mogelijk aansluit bij de naoorlogse isolatiestandaard.

De standaard is gedefinieerd als een maximale warmtevraag in kWh/m<sup>2</sup>. Daarnaast heeft het Expertisecentrum Warmte (ECW) een mogelijk maatregelenpakket gepubliceerd waarmee na toepassing van alle maatregelen wordt voldaan aan de naoorlogse standaard<sup>10</sup>. Voor de vooroorlogse standaard is geen maatregelenpakket gedefinieerd.

Tabel 6 Het isolatiepakket gepubliceerd door ECW om te komen tot de naoorlogse standaard.

Gebouwdeel	Benodigde waarden voor de standaard voor naoorlogse woningen
Dak	Isolatiewaarde Rc = 3,5 m <sup>2</sup> K/W (afhankelijk van het isolatiemateriaal 8-15 cm isolatie)
Vloer	Isolatiewaarde Rc = 3,5 m <sup>2</sup> K/W (afhankelijk van het isolatiemateriaal en vloertype 7-14 cm isolatie onder de vloer)
Gevel	Isolatiewaarde Rc = 1,7 m <sup>2</sup> K/W (parels, vlokken of schuim in de spouwmuur)
Paneel	Indien aanwezig: isolatiewaarde Rc = 1,0m <sup>2</sup> K/W (40 mm sandwichpaneel)
Ramen en kozijnen	U-waarde raam = 1,4 W/m <sup>2</sup> K (HR++ glas) in combinatie met een geïsoleerde deur of 1,0 W/m <sup>2</sup> K (triple glas)

<sup>10</sup>

<https://www.expertisecentrumwarmte.nl/themas/technische+oplossingen/techniekfactsheets+gebouwmaatregelen/isoleren/default.aspx> 28-03-2023

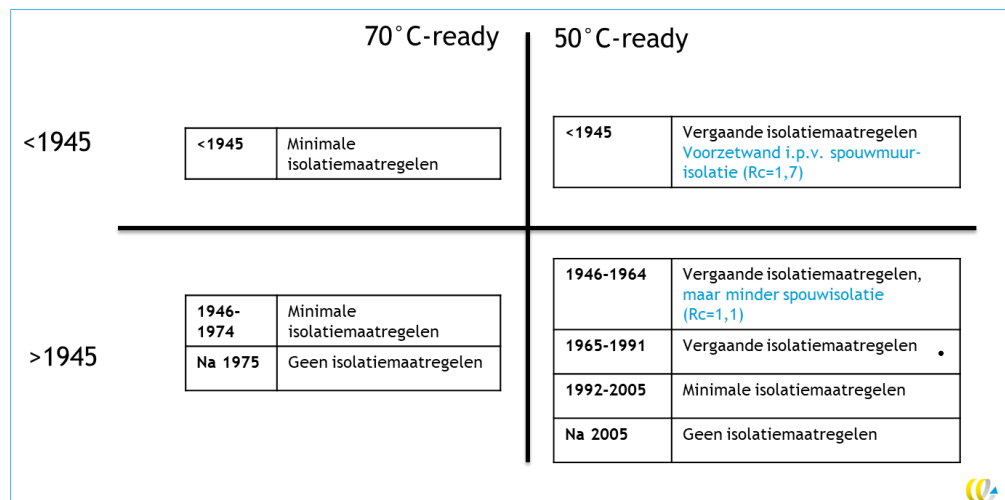
Ventilatie	Natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging in toilet, keuken en badkamer of gebalanceerde ventilatie met sensorsturing in woonkamer en hoofdslaapkamer.
Kierdichting	qv;10 = 0,7 dm <sup>3</sup> /sm <sup>2</sup> (verbeterde kierdichting van ramen en deuren en aansluiting gevel en dak)

Er is niet één logische route om naar het gewenste isolatieniveau te komen. Er zijn veel verschillende opties die elk voor- en nadelen kennen. In deze studie rekenen we voor elke woningtype één pakket door dat tot 70°C-ready leidt en één pakket dat tot 50°C-ready leidt. Op basis van deze gegevens hebben we samen met de opdrachtgever twee pakketten met isolatiemaatregelen bepaald, zie Tabel 7. Het isoleren van panelen komt hier niet in terug. Een reden hiervoor is dat de RVO voorbeeldwoningen geen panelen hebben. Ook zijn er geen gegevens in het databestand van Amsterdam over welke woningen panelen hebben. Daarnaast is voor isolatieniveau 3 uit het rapport van Nieman<sup>11</sup> geen isolatie van de panelen aangegeven.

Figuur 4 laat zien welke isolatiemaatregelen wanneer worden toegepast. Per kwadrant (voor-/naoorlogse woningen en isolatieniveau) gaan we dieper in op de benodigde maatregelen en motiveren we waarom voor dit pakket is gekozen.

Tabel 7 Twee pakketten met isolatiemaatregelen.

Isolatiepakket	Maatregelen
Vergaande isolatiemaatregelen	Dak (Rc=3,5) Vloer (Rc=3,5) Spouw (Rc=1,7) Ramen (U=1,4) Deur (U=1,4) Ventilatie (C4) Kierdichting
Minimale isolatiemaatregelen	Ramen (U=1,4) Deur (U=1,4) Ventilatie (C4) Kierdichting



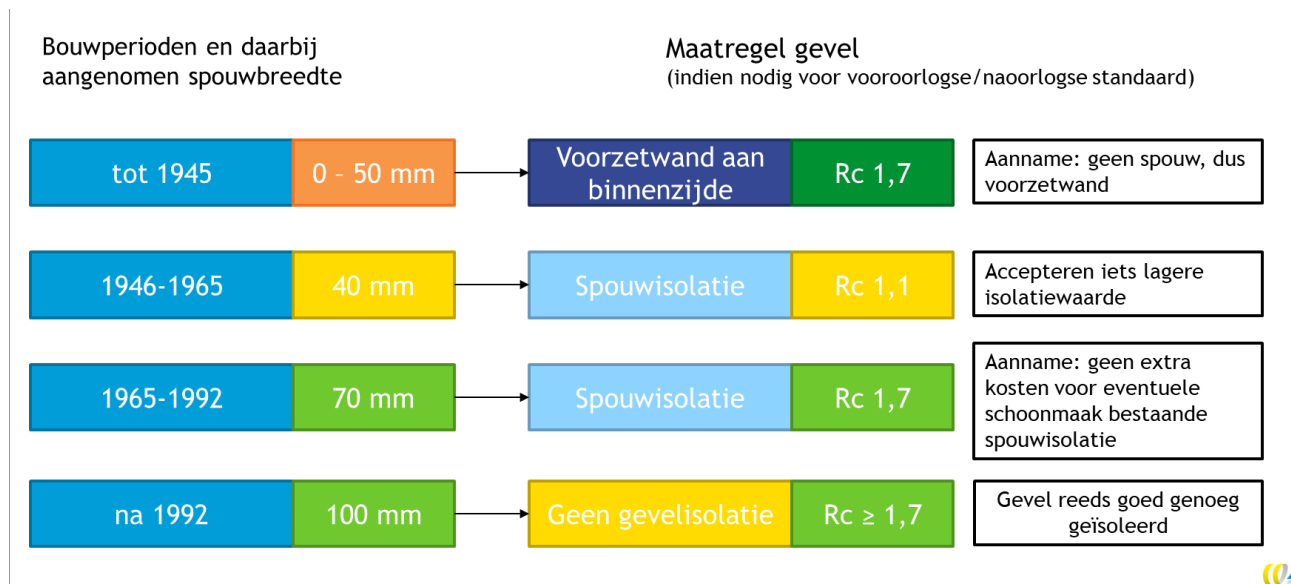
Figuur 4 Toegepaste maatregelen per isolatieniveau voor verschillende bouwperiodes

#### Isoleren van de gevel – spouw of voorzetwand?

Zoals eerder beschreven hebben we de isolatiepakketten hier en daar aangepast om zo goed mogelijk rekening te houden met de aanwezigheid van een spouw. Figuur 5 geeft een schematisch overzicht van de aannames. Voor vooroorlogse woningen nemen we aan dat er geen spouw is die geïsoleerd kan worden. In het geval van gevelisolatie gaan we in deze studie altijd uit van een voorzetwand aan de binnenzijde. Voor woningen gebouwd

<sup>11</sup> <https://www.nieman.nl/wp-content/uploads/2021/03/rapport-standaard-en-streefwaarden-bestaande-woningbouw-nieman-raadgevend-in.pdf>

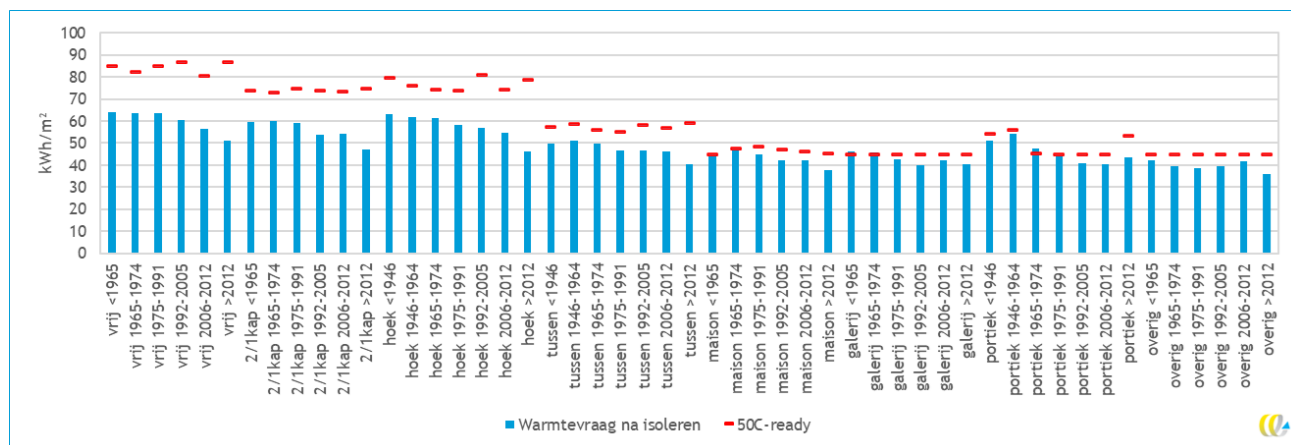
tussen 1946-1965 doen we de aanname dat deze een smalle spouw hebben. Hier is het niet mogelijk met spouwisolatie een Rc waarde van 1,7 te halen. Toch is spouwisolatie vaak wel een gangbare keuze. We nemen in deze studie aan dat in het geval van gevelisolatie, de spouw wordt geïsoleerd tot een Rc waarde van 1,1. Woningen gebouwd tussen 1965 en 1992 kunnen naar verwachting de spouw isoleren tot een Rc waarde van 1,7. In de praktijk kan het nodig zijn de spouw eerst schoon te maken, daar komen extra kosten bij kijken. Het is onbekend hoe vaak dit voorkomt. We hebben daarom geen extra kosten voor het schoonmaken van de spouw opgenomen in deze studie. Woningen na 1992 hebben een gevel die al goed geïsoleerd is. Aanvullende gevelisolatie is niet nodig om aan de isolatiestandaard te voldoen.



Figuur 5 Schematisch overzicht van de aannames voor gevelisolatie

### Naoorlogse woningen naar 50°C-ready

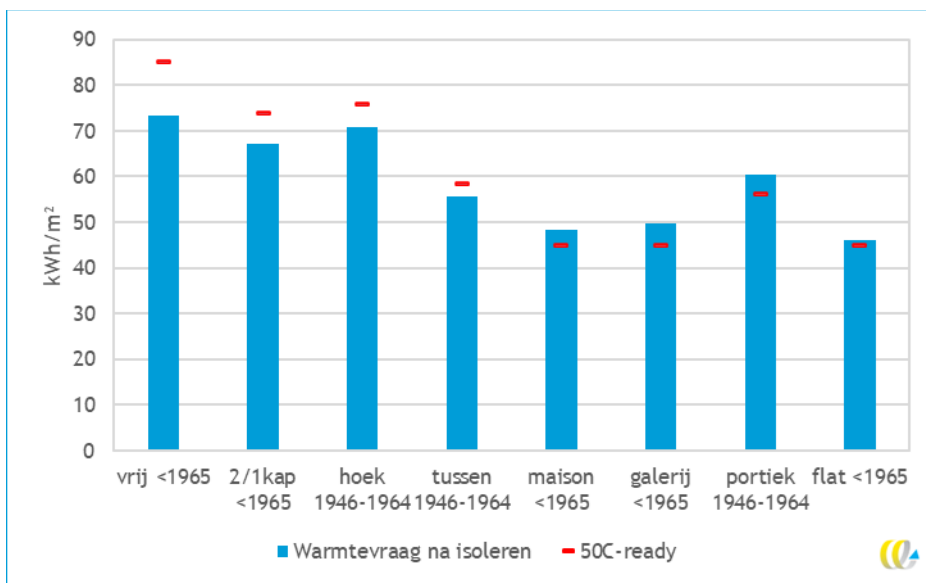
Voor woningen gebouwd na 1945 die isoleren naar 50°C-ready passen we het pakket toe dat ECW heeft gepubliceerd. Dit pakket is specifiek opgesteld voor naoorlogse woningen die naar de naoorlogse standaard isoleren. Figuur 6 toont dat alle voorbeeldwoningen (bijna) voldoen aan de naoorlogse standaard na het toepassen van het pakket uit Tabel 6. Voor woningen na 2005 nemen we aan dat zij al voldoen aan de naoorlogse standaard.



Figuur 6 De warmtevraag per voorbeeldwoning volgens de Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving na het toepassen van het pakket uit Tabel 6, en (in rood) de maximale warmtevraag voor een woning die voldoet aan de isolatiestandaard voor naoorlogse woningen.

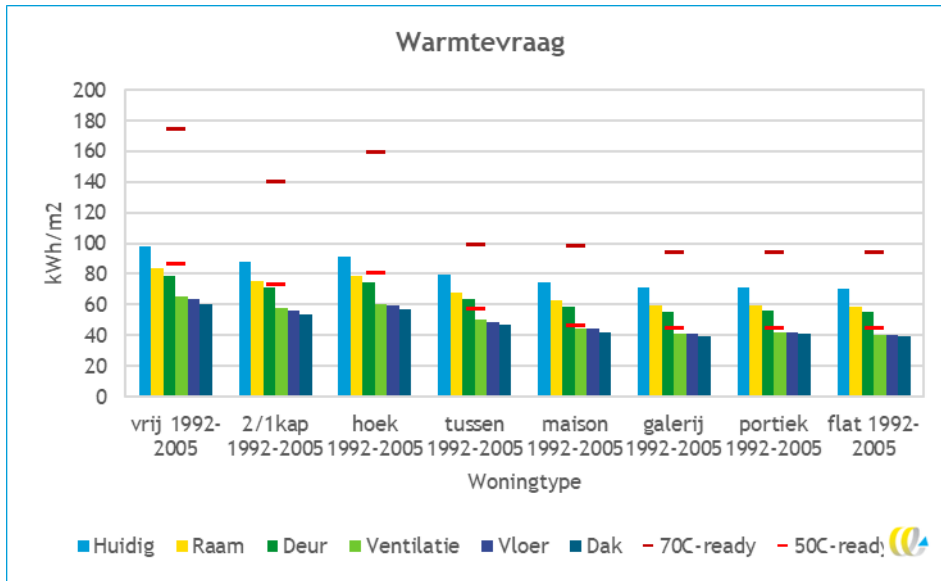
Voor enkele bouwperiodes in deze categorie maken we een uitzondering.

Woningen gebouwd tussen 1945 en 1965 hebben niet altijd een spouw of alleen een smalle spouw waar een Rc-waarde van 1,7 niet haalbaar is. Voor deze woningen nemen we aan dat spouwisolatie leidt tot een Rc-waarde van 1,1. In de praktijk zal bij woningen uit deze periode de breedte van een eventuele spouw verschillen van woning tot woning. Echter in de berekeningen nemen we aan dat alle woningen uit deze periode een smalle spouw hebben die geïsoleerd kan worden tot een Rc-waarde van 1,1. Figuur 7 laat zien dat niet alle voorbeeldwoningen dan nog voldoen aan de standaard. In de praktijk kan dit opgelost worden door één van de maatregelen ‘beter’ uit te voeren, zodat die leidt tot een hogere Rc-waarde of lagere U-waarde. Welke maatregel dit moet zijn, is woning specifiek. Per woning moet een afweging gemaakt worden welke maatregel extra goed uitgevoerd moet worden, we kunnen hier geen algemene uitspraken over doen. Voor de eenduidigheid van de berekeningen, hebben we samen met de opdrachtgever besloten het niet mee te nemen in de berekeningen.



Figuur 7 De warmtevraag per voorbeeldwoning uit de periode 1946-1964 volgens de Uniforme Maatlat Gebouwde Omgeving na het toepassen van het pakket uit Tabel 6, maar uitgaande van spouwisolatie van Rc=1,1.

Woningen gebouwd tussen 1992 en 2005 zullen nog niet altijd voldoen aan de naoorlogse standaard, echter zijn alle gebouwdelen al redelijk goed geïsoleerd. Alle gebouwdelen nog iets verder isoleren, dan de maatregelen uit Tabel 6, is voor deze woningen niet logisch. Immers, dan zouden we de bestaande maatregel moeten vervangen door een beperkt betere maatregel. Hierbij worden de volledige kosten meegenomen, terwijl de extra energiebesparing gering is. We passen daarom andere isolatiemaatregelen toe. Voor deze woningen gaan we uit van het vervangen van de ramen voor HR++ glas, isoleren we de deur en passen we ventilatie in combinatie met kierdichting toe. Dit zijn allemaal maatregelen die bij alle gestapelde woningen toegepast kunnen worden, en daarmee logische maatregelen voor de gemeente Amsterdam, waar ca. 80% van de woningvoorraad gestapelde bouw is. Figuur 8 laat zien dat alle voorbeeldwoningen uit deze bouwperiode voldoen aan de grens voor de naoorlogse standaard (50°C-ready) na het uitvoeren van de maatregelen voor raam, deur en ventilatie. Sommige voorbeeldwoningen voldoen al aan de standaard zonder het toepassen van ventilatie. Echter is het voor een gezond binnenklimaat wel gewenst goede ventilatie aan te brengen bij het isoleren van de woning. Vandaar dat we in de berekeningen wel uitgaan van ventilatie voor alle woningen uit deze bouwperiode.



Figuur 8 De warmtevraag na het toepassen van de isolatie in de volgorde raam, deur, ventilatie (incl. kierdichting), vloer en dak. Het laatste staafje geeft de resulterende warmtevraag als alle maatregelen zijn uitgevoerd.

#### Vooroorlogse woningen naar 50°C-ready

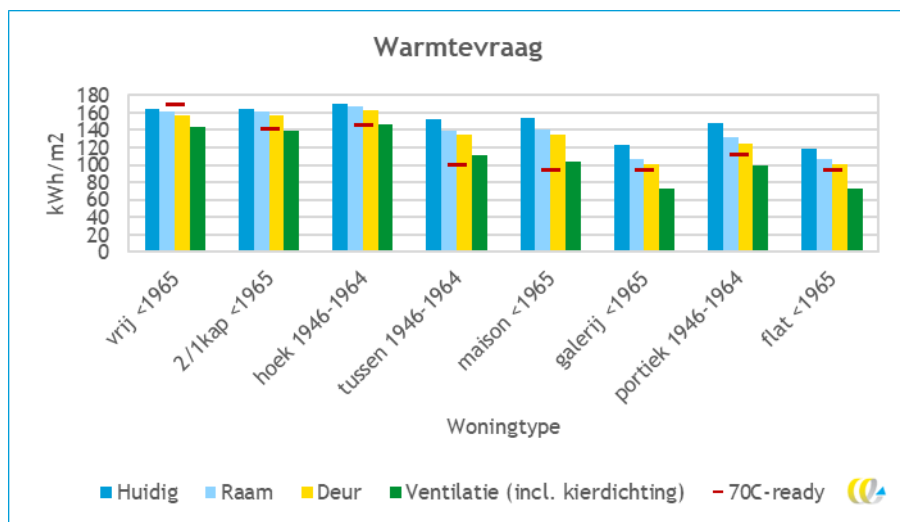
Woningen gebouwd voor 1945 hoeven volgens de isolatiestandaard van het rijk niet te voldoen aan de naoorlogse standaard. In dit onderzoek willen we ook vergaande isolatie voor vooroorlogse woningen beschouwen. Voor vooroorlogse woningen passen we net als bij naoorlogse woningen de maatregelen uit Tabel 6 toe. We nemen aan dat woningen van voor 1945 geen spouwmuur hebben. De spouwmuurisolatie vervangen we daarom met het plaatsen van een voorzetwand.

#### Naoorlogse woningen naar 70°C-ready

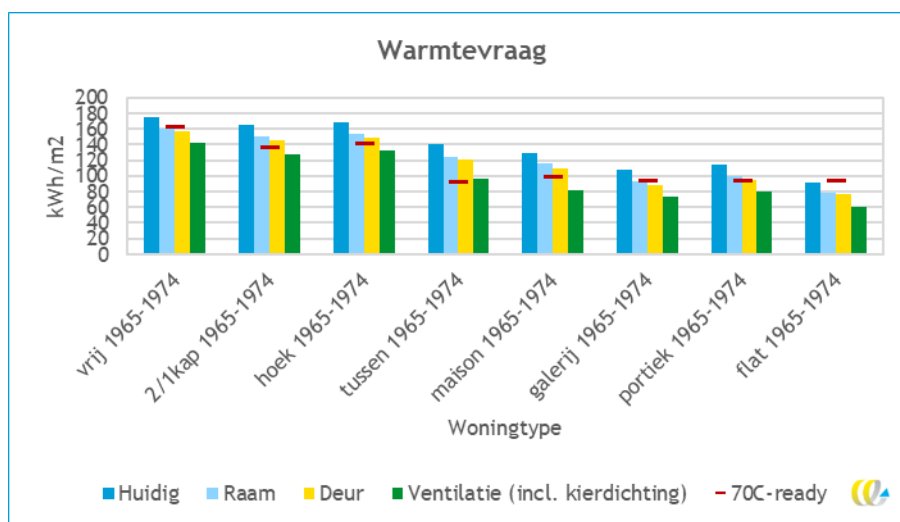
Volgens de isolatiestandaard moeten naoorlogse woningen voldoen aan het 50°C-ready niveau. In dit project beschouwen we ook de situatie dat deze woningen minder ver isoleren. Er is niet één logische route voor naoorlogse woningen om te komen tot de vooroorlogse standaard (70°C-ready). Meestal wordt de grens van 70°C-ready gehaald bij het isoleren van één gebouwdeel en het toepassen van kierdichting en ventilatie. Voor de kosten en energiebesparing nemen we aan dat de ramen en deuren geïsoleerd worden en ventilatie i.c.m. kierdichting wordt toegepast. Dat is hetzelfde pakket dat we toepassen op woningen van na 1992 die naar het 50°C-ready niveau isoleren. Voor na-oorlogse woningen die naar 70°C-ready gaan, is de spouw isoleren en ventilatie toepassen ook een logische keuze. Het gekozen pakket zijn allemaal maatregelen die bij alle gestapelde woningen toegepast kunnen worden, en daarmee logische maatregelen voor de gemeente Amsterdam, waar ca. 80% van de woningvoorraad gestapelde bouw is.

Enkele voorbeeldwoningen van voor 1975 voldoen ook al aan de vooroorlogse standaard (vrij <1965 en flat 1965-1974). De huidige warmtevraag van deze woningen ligt dicht bij de grenswaarde voor de standaard. In dit onderzoek brengen we in kaart wat het effect is van isoleren. Daarom passen we wel alle isolatiemaatregelen uit het minimale pakket toe voor alle woningen voor 1975. Voor deze woningen overschatten we daarmee de kosten om te isoleren tot de vooroorlogse standaard.





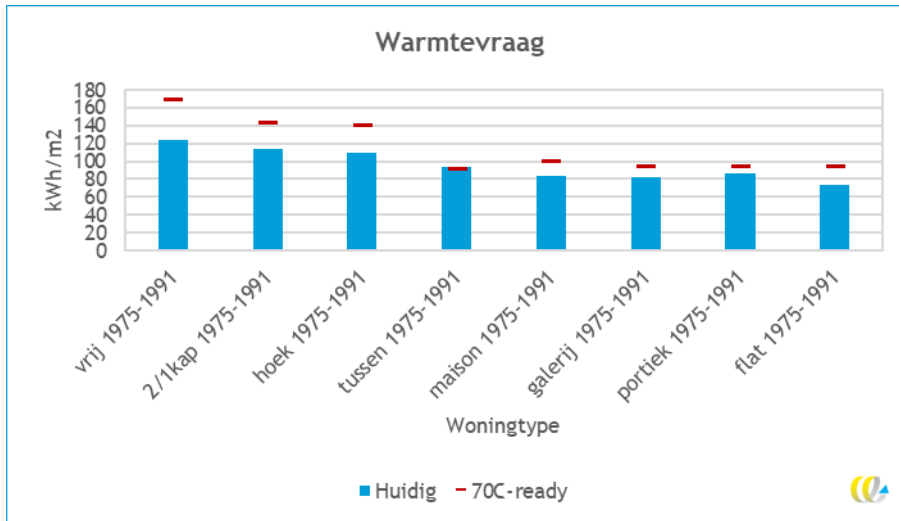
Figuur 9 Theoretische warmtevraag huidig en na het toepassen van isolatiemaatregelen voor woningen gebouwd tussen 1945 en 1964



Figuur 10 Theoretische warmtevraag huidig en na het toepassen van isolatiemaatregelen voor woningen gebouwd tussen 1965 en 1974

Figuur 11 laat zien dat de RVO voorbeeldwoningen<sup>12</sup> gebouwd na 1975 al zonder isolatie geschikt zijn voor verwarming met 70°C. We passen daarom alleen maatregelen toe op woningen van voor 1975.

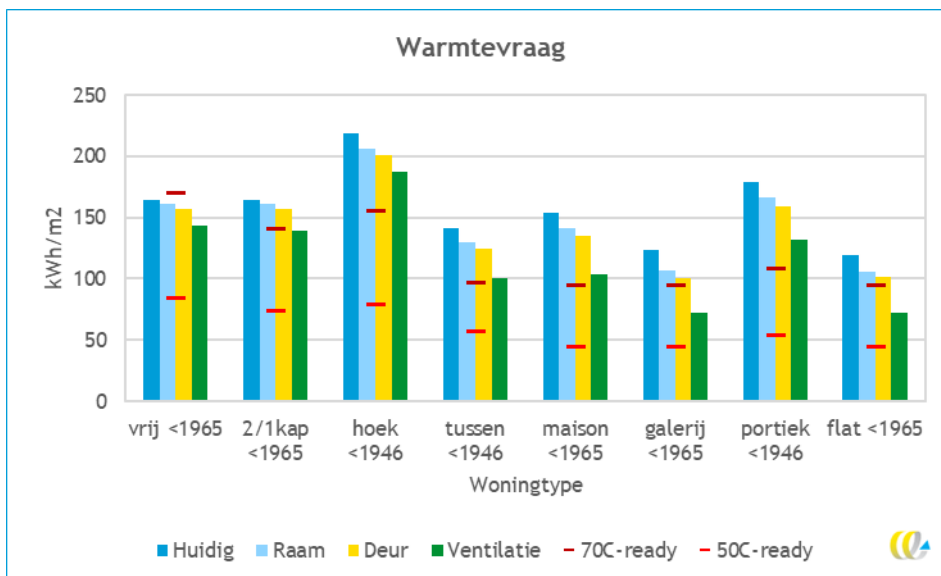
<sup>12</sup> De RVO voorbeeldwoningen houden rekening met de het bouwbesluit uit de periode dat een woning gebouwd is en het huidige energetisch niveau van de woningen. De eisen aan de energetische kwaliteit van nieuwbouwwoningen zijn verhoogd in 1975 (Rc 1,3 m2K/W voor dak en dichte gevel), in 1979 (dubbele beglazing woonvertrek), in 1983 (Rc 1,3 m2K/W begane grondvloer) en in 1988 (Rc 2,0 m2K/W voor dak en dichte gevel). De meeste woningen uit deze periode hebben nu dubbel glas of HR++ glas, slechts een klein aandeel van de woningen (4-13% afhankelijk van het woningtype) heeft enkelglas. Dit maakt dat een representatieve woning uit deze bouwperiode zonder isolatie geschikt is voor verwarmen met 70 °C.



Figuur 11 De huidige theoretische warmtevraag van woningen gebouwd na 1965 en de grens van de vooroorlogse standaard. Woningen gebouwd na 1975 voldoen zonder extra isolatiemaatregelen al aan de vooroorlogse standaard.

### Vooroorlogse woningen naar 70°C-ready

Er is niet één logisch pakket aan isolatiemaatregelen waarmee vooroorlogse woningen tot 70°C-ready kunnen komen. Gevel isolatie is de lastigste maatregel voor vooroorlogse woningen. In Amsterdam zijn heel veel woningen meergezinswoningen. Voor meergezinswoningen zijn de meest logische maatregelen het isoleren van ramen, deuren en ventilatie. Hier hebben alle meergezinswoningen profijt van. Dak en vloerisolatie leidt alleen tot besparingen voor de woningen op de begane grond of vlak onder het dak. We passen daarom het minimale isolatiepakket uit Tabel toe. Figuur 12 laat zien dat bijna alle voorbeeldwoningen daarmee voldoen aan de vooroorlogse standaard. De hoekwoning en de portiekwoning voldoen niet. Hier zal in de praktijk een extra isolatiemaatregel nodig zijn, bijvoorbeeld isolatie in het trappenhuis bij portiekwoningen. Welke extra maatregel genomen kan worden is woning specifiek. In de berekeningen gaan we daarom uit van het pakket zoals beschreven in Figuur 4 en Tabel .



Figuur 12 De huidige theoretische warmtevraag van woningen gebouwd voor 1946 en de grens van de voor- en naoorlogse standaard. Niet alle voorbeeldwoningen kennen een aparte categorie <1946. In het geval dat deze categorie er niet is, laten we de gegevens zien van de categorie <1965.

## A.7 Energiebesparing

De Uniforme maatlat<sup>13</sup> geeft ons hoeveel procent bespaard kan worden op de warmtevraag als gevolg van isoleren naar 70-graden of 50-graden ready. We gebruiken voor deze berekeningen de versie van het Uniforme Maatlat met een correctie op de warmtevraag. Dit is een correctie die gedaan is op basis van gemeten energiedata (Paula van den Brom (TU Delft), 2022). Met de correctie sluit de berekende besparing beter aan bij de praktijk. De energiebesparing per woning volgt uit de werkelijke warmtevraag en het percentage energiebesparing uit de Uniforme Maatlat.

In onderstaand tekstvak wordt het gebruik van de Uniforme maatlaten in combinatie met de theoretische en werkelijke warmtevraag uitgelegd.

### Theoretische warmtevraag en werkelijke warmtevraag

Er is een verschil tussen de theoretische warmtevraag van een woning en de werkelijke warmtevraag.

De *theoretische warmtevraag* bepaalt men aan de hand van warmteverliesberekeningen. De hoeveelheid warmte die een woning verliest bij een bepaald temperatuurverschil tussen binnen en buiten bepaalt de warmtevraag van een woning. De grootte van het verliesoppervlak (gevel, dak, vloer etc.) en de mate van isolatie zijn onderdeel van deze warmteverliesberekeningen.

Met de *werkelijke warmtevraag* bedoelen we de hoeveelheid warmte dat een huishouden daadwerkelijk gebruikt om een woning te verwarmen. Dit kan bijvoorbeeld berekend worden aan de hand van het jaarlijks gasverbruik of warmteverbruik uit een warmtenet. De grootte van het verliesoppervlak en de mate van isolatie hebben zeker invloed op de werkelijke warmtevraag, maar bepalen niet de werkelijke warmtevraag. Het gedrag van bewoners heeft een hele grote invloed op de werkelijke warmtevraag. Bewoners van een slecht geïsoleerde woning verwarmen vaak zuiniger dan bewoners van zeer goed geïsoleerde woningen. De werkelijke warmtevraag is vaak lager dan de theoretische warmtevraag. Het verschil in warmtevraag tussen goed en slecht geïsoleerde woningen is ook groter in het geval van de theoretische warmtevraag ten opzichte van de werkelijke warmtevraag.

In deze studie gebruiken we zowel de theoretische warmtevraag als de werkelijke warmtevraag.

De standaard voor woningisolatie is gedefinieerd als een maximale warmtevraag in kWh/m<sup>2</sup>, die afhankelijk is van het woningtype en de vormfactor van een woning. Die warmtevraag is de *theoretische warmtevraag*. Om te bepalen of een woning voldoet aan de standaard moeten we de theoretische warmtevraag gebruiken. De Uniforme Maatlat geeft ons de theoretische warmtevraag per RVO voorbeeldwoning.

De *werkelijke warmtevraag* geeft een realistischer beeld van de hoeveelheid warmte die nu nodig is om woningen in Amsterdam te verwarmen. De werkelijke warmtevraag is ook het beste beginpunt om potentiële energiebesparing te bepalen. Wanneer we het hebben over de werkelijke warmtevraag van een woning gebruiken we het referentieverbruik warmte van PBL. Voor het bepalen van de energiebesparing gebruiken we de versie van het Uniforme Maatlat met een correctie op de warmtevraag. Dit is een correctie die gedaan is op basis van gemeten energiedata (Paula van den Brom (TU Delft), 2022).

Tabel 8 geeft aan voor welke doeleinden de theoretische of werkelijke warmtevraag worden gebruikt in deze studie.

Tabel 8 - Doeleinden theoretische en werkelijke warmtevraag in deze studie

Doel	Theoretische of werkelijke warmtevraag	Bron voor warmtevraag
Bepalen of woning aan standaard voldoet	Theoretisch	Uniforme Maatlat
Bepalen of woning na isolatiemaatregelen aan standaard voldoet	Theoretisch	Uniforme Maatlat
Bepalen huidige warmtevraag van een woning	Werkelijk	Referentieverbruik warmte PBL
Bepalen procentuele energiebesparing door isoleren	Werkelijk	Uniforme Maatlat met correctie
Bepalen werkelijke energiebesparing	Werkelijk	Combinatie van referentieverbruik warmte PBL en Uniforme Maatlat met correctie

<sup>13</sup> De Uniforme Maatlat is een instrument van het ECW, voor meer uitleg zie het begin van deze bijlage

## A.8 CO<sub>2</sub>-besparing

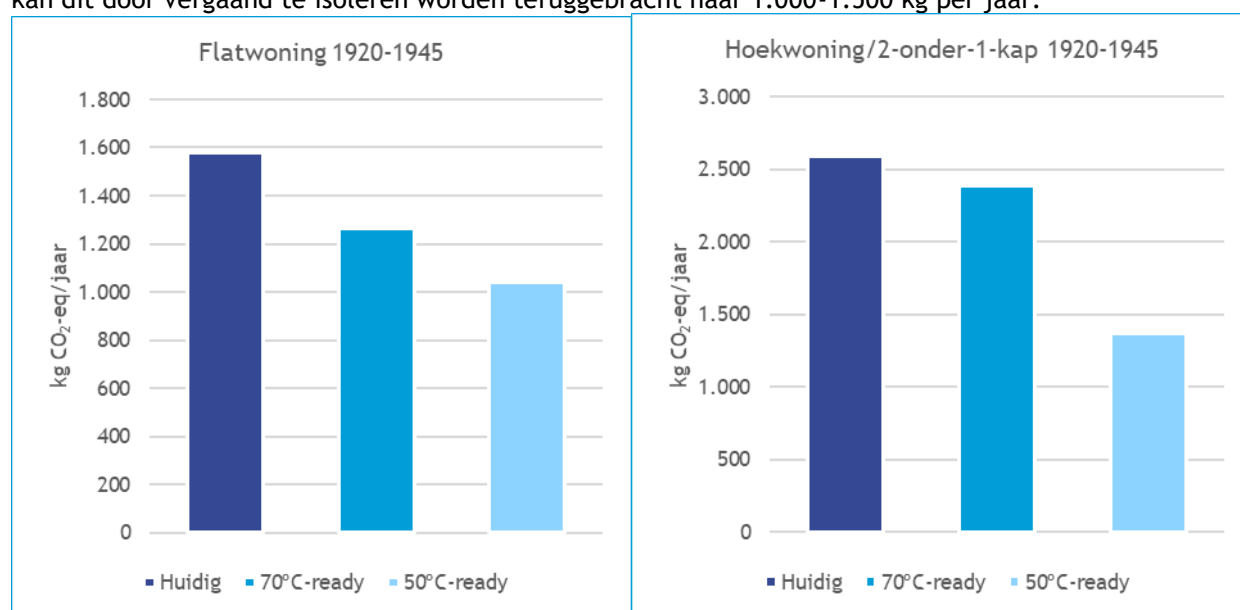
We doen een inschatting van de CO<sub>2</sub>-besparing door isoleren op basis van de energiebesparing en het (vermoedelijke) verwarmingssysteem van een woning tegen de emissiefactoren in 2021. We weten van woningen of ze aangesloten zijn op een warmtenet, voor de andere woningen nemen we aan dat ze een cv-ketel gebruiken. We nemen de emissiefactor per geleverde GJ. Voor warmte nemen we daarbij het gemiddelde van de twee grote warmtenetten in Amsterdam (Noord/West en Zuid/Oost) in 2021 volgens de warmte-etiketten. Voor een cv-ketel nemen we de emissiefactor van aardgas.

Tabel 9 - Gebruikte emissiefactoren

Woningen	Emissiefactor (kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>geleverd</sub> )	Methode
Woningen op warmtenet	21,1	Gemiddelde warmtenet Noord/West en warmtenet Zuid/Oost 2021 <sup>14</sup>
Woningen niet op warmtenet, o.b.v. cv-ketel	56,5	Emissiefactor aardgas 2022 <sup>15</sup>

Deze emissiefactoren zullen in de toekomst dalen. De warmtenetten worden steeds duurzamer en de cv-ketels worden vervangen door hybride- of volledige warmtepompen. Daarbij zal er ook nog groengas worden ingemengd in het gasnet. De berekende CO<sub>2</sub>-besparing is daarom indicatief voor de huidige situatie, maar niet voor de toekomstige.

In Figuur 13 staat voor twee voorbeeldwoningen het effect van isoleren naar de twee isolatieniveaus op de jaarlijkse emissies voor verwarmen. Waar een woning met een cv-ketel nu 1.500-2.500 kg CO<sub>2</sub> per jaar uitstoot kan dit door vergaand te isoleren worden teruggebracht naar 1.000-1.500 kg per jaar.



Figuur 13: Jaarlijkse CO<sub>2</sub>-uitstoot door verwarmen, voor en na isoleren, met cv-ketel in voorbeeldwoningen

<sup>14</sup> <https://www.vattenfall.nl/stadsverwarming/warmte-etiket/>

<sup>15</sup> <https://www.rvo.nl/files/file/2022-05/Vaststelling%20van%20de%20standaard%20CO2-emissiefactor%20aardgas%20t.b.v.%20nationale%20monitoring%202022%20en%20emissiehandel%202022.pdf#:~:text=De%20standaard%20CO2-emissiefactor%20aardgas%20voor%20het%20emissiehandelsjaar%202022,die%20geldig%20was%20voor%20het%20jaar%202021.%2006.>

## A.9 Isolatiekosten

In de database van Arcadis staan kostenkengetallen van individuele isolatiemaatregelen. Deze kostenkengetallen bestaan uit:

- Directe bouwkosten (loonkosten, materiaal- en materieelkosten, incl. eventuele leverancierskorting),
- Indirecte bouwkosten (uitvoeringskosten, algemene kosten, winst & risico) en
- Bijkomende kosten (voorbereiding en begeleiding).

De Arcadiskostenkengetallen zijn in september 2022 voor het laatst geactualiseerd<sup>16</sup>. Bovenop deze kosten rekenen we omzetbelasting. Op de arbeidskosten voor het isoleren van woningen ouder dan 2 jaar geldt<sup>17</sup> het 9% btw-tarief, voor overige kosten 21%.

De gebouwelementen zijn door ons gekoppeld aan de Arcadiscodes in Tabel 10 die het dichtst in de buurt komen van de Standaardwaarden.

Tabel 10. Arcadiscodes van isolatiemaatregelen

Gebouwelement	Arcadiscode	Arcadisomschrijving
Dak (plat) (Rc=3,5)	007c	Dakisolatie (Rc=3,7): PIR isolatie (d=80mm) buitenzijde plat dak - vervangen dakbedekking APP
Dak (hellend) (Rc=3,5)	223	Dakisolatie (Rc=3,7): PIR isolatie (d=95mm) binnenzijde hellend dak - afwerking gipsplaten
Vloer (Rc=3,5)	002e	Vloerisolatie (Rc=3,7): PUR isolatie (d=100mm) onderzijde houten of steenachtige begane grondvloer
Gevel (spouw) (Rc=1,7)	009b	Gevelisolatie (Rc=1,6): EPS parels (d=50mm) in spouw
Gevel (voorzetwand) (Rc=3,5)	242	Gevelisolatie (Rc=2,9): PIR isolatie (d=70mm, Rd=3,15) binnenzijde gevel - regelwerk en gipsbeplating - behangklaar
Ramen (U=1,4)	019a	Isolatieglas gasgevuld (U=1,2   Ug=1,1) i.p.v. enkel glas
Deur (U=1,4)	20	Isolerende deur (Rc=1,45): afm.2115x830mm (opp.=1,75m <sup>2</sup> )
Ventilatie	233	Decentrale mechanische ventilatie (C2) i.p.v. natuurlijke ventilatie: Gevel WTW voor decentrale ventilatie in woonkamer en hoofdslaapkamer
Kierdichting	226	Luchtdichtheid qv10 = 0,4

De Arcadis database rapporteert investeringskosten van een maatregel op vier verschillende manieren, die afhankelijk zijn van moment van uitvoering en projectgrootte. Deze vier kostensituaties zijn:

1. Moment van uitvoering: op zichzelf staand, projectgrootte: enkele woning
2. Moment van uitvoering: op zichzelf staand, projectgrootte: projectmatig
3. Moment van uitvoering: natuurlijk moment, projectgrootte: enkele woning
4. Moment van uitvoering: natuurlijk moment, projectgrootte: projectmatig

### *Op zichzelf staand moment en een natuurlijk moment*

Het moment van uitvoeren kent twee situaties: een op zichzelf staand moment en een natuurlijk moment. Onder een op zichzelf staand moment wordt verstaan: de totale kosten die gemaakt moeten worden voor de uitvoering van de verduurzamingsmaatregelen. De kosten op natuurlijk moment komen niet overeen met de totale kosten van een verbouwing in de praktijk. De kosten op natuurlijk moment zijn de meerkosten die samenhangen met het upgraden van de bouw- en installatiedelen in plaats van het louter in stand houden van de oorspronkelijke kwaliteit aan het einde van de technisch-economische levensduur van de bouw- en installatiedelen. Wanneer het isoleren op een natuurlijk moment gebeurt dan gaat het dus om de meerkosten bovenop het vervangen van het element (onderhoud). Het verschil tussen het natuurlijk moment en het zelfstandig moment zijn de meerkosten van het toch al vervangen van het gebouwelement. Bijvoorbeeld: een

<sup>16</sup> [https://arcpciprodsa.blob.core.windows.net/prod-cms/assets/Rapport\\_Actualisatie\\_IK\\_EBM\\_Wbouw\\_09\\_2022\\_22nov22\\_7b4d5219d8.pdf](https://arcpciprodsa.blob.core.windows.net/prod-cms/assets/Rapport_Actualisatie_IK_EBM_Wbouw_09_2022_22nov22_7b4d5219d8.pdf); [https://arcpciprodsa.blob.core.windows.net/prod-cms/assets/Rapport\\_Actualisatie\\_IK\\_EBM\\_Wbouw\\_09\\_2022\\_22nov22\\_7b4d5219d8.pdf](https://arcpciprodsa.blob.core.windows.net/prod-cms/assets/Rapport_Actualisatie_IK_EBM_Wbouw_09_2022_22nov22_7b4d5219d8.pdf)

<sup>17</sup>

[https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/btw/tarieven\\_en\\_vrijstellingen/diensten\\_9\\_btw/werkzaamheden\\_aan\\_woningen/isoleren\\_van\\_woningen](https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/btw/tarieven_en_vrijstellingen/diensten_9_btw/werkzaamheden_aan_woningen/isoleren_van_woningen)

enkelglas raam gaat kapot en moet vervangen worden. De isolatiekosten zijn dan het verschil tussen de kosten voor een HR++ raam en de kosten voor een nieuw enkelglas raam. Op het zelfstandig moment gaat het om de totale kosten van de ingreep, op het natuurlijk moment om de totale kosten min de kosten van het vervangen van het gebouwdeel met een equivalente kwaliteit. De ‘meerkosten op natuurlijk moment’ zijn dus (meestal significant) lager dan de totale kosten die gemaakt moeten worden voor de uitvoering van de verduurzamingsmaatregelen.

#### Enkele woning en projectmatig

Verder is er onderscheid tussen de projectomvang: wanneer dit een enkele woning betreft zijn de kosten hoger dan wanneer er meerdere woningen tegelijk worden geïsoleerd. Bij een projectmatige aanpak is er sprake van een schaalvoordeel, onder andere door efficiëntere arbeid en inkoopkortingen op materiaal. Omdat het Isolatieoffensief beoogd grootschalig woningen in Amsterdam te isoleren gaan we standaard uit van kosten bij een projectmatige aanpak.

#### Eengezinswoning en meergezinswoning

Ten slotte onderscheiden we de kosten in twee woningtypen: eengezinswoning en meersgezinswoning. Het overgrote merendeel (~87%) van de woningen in Amsterdam zijn meergezinswoningen (flatwoning, appartement, galerijflat, etagewoning, boven- en benedenwoning, portiekwoning of maisonnette).

#### Kostenkengetallen

In onderstaande tabellen staan de gehanteerde kostenkengetallen per maatregel, moment van uitvoering, projectgrootte en woningtype in €<sub>2022</sub> per vierkante meter, inclusief btw.

Tabel 11: Isolatiekostenkengetallen Arcadis voor eengezinswoning

Maatregel	Eengezinswoning, op zichzelf staand zelfstandig moment, enkele woning (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )	Eengezinswoning, op zichzelf staand zelfstandig moment, projectmatig (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )	Eengezinswoning, natuurlijk moment, enkele woning (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )	Eengezinswoning, natuurlijk, projectmatig (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )
Isolatie plat dak	303,29	298,74	86,34	84,14
Isolatie hellend dak	80,65	75,45	73,00	68,20
Vloerisolatie	61,14	44,41	58,97	42,78
Voorzetwand binnenmuur	151,80	150,98	147,83	147,67
Spouwmuurisolatie	32,33	30,13	31,01	29,14
Ramen	171,04	155,37	52,71	47,34
Kierdichting (per meter bvo)	17,89	17,50	16,08	15,69

Tabel 12: Isolatiekostenkengetallen Arcadis voor meersgezinswoning

Maatregel	Meersgezinswoning, op zichzelf staand moment, enkele woning (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )	Meersgezinswoning, op zichzelf staand moment, projectmatig (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )	Meersgezinswoning, natuurlijk moment, enkele woning (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )	Meersgezinswoning, natuurlijk, projectmatig (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )
Isolatie plat dak	302,33	297,90	86,34	84,14
Isolatie hellend dak	80,65	75,45	73,00	68,20
Vloerisolatie	60,36	43,84	58,56	42,49
Voorzetwand binnenmuur	167,15	166,46	164,39	164,39
Spouwmuurisolatie	32,18	29,72	29,42	27,65
Ramen	219,42	205,31	66,10	59,52
Kierdichting (per meter bvo)	11,95	11,73	10,14	9,92

De kosten voor een isolerende deur en een decentraal ventilatiesysteem schalen we niet met de oppervlakte. Voor deuren gaan we standaard uit van een situatie met twee buitendeuren: een voordeur en een achter/balkondeur. In kleine woningen zal dit een overschatting zijn, in grote woningen een onderschatting.

Tabel 13: Kosten voor een isolerende deur

Kosten voor een isolerende deur	Zelfstandig moment, enkele woning (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )	Zelfstandig moment, projectmatig (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )	Natuurlijk moment, enkele woning (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )	Natuurlijk, projectmatig (€ <sub>2022</sub> / m <sup>2</sup> )
Eengezinswoning	3.777	3.512	3.504	3.239
Meersgezinswoning	3.837	3.573	3.504	3.239

Voor het decentrale ventilatiesysteem rekenen we op natuurlijk moment met €2.282 en op zelfstandig moment met €2.342, wederom gebaseerd op de kostendatabase van Arcadis. Er is geen onderscheid tussen projectgrootte of woningtype.

De exactheid van de gerapporteerde kostenkengetallen wekken een schijn van zekerheid in hoogte van kosten, terwijl ze in werkelijkheid natuurlijk vaak anders uitvallen. In de praktijk zitten er alleen al tussen de offertes van aannemers grote verschillen. Daarnaast kan een maatregel anders (dan in dit rapport wordt aangenomen) worden uitgevoerd of kan een alternatief voordeliger zijn. We benadrukken dat wat er in de algemene uitgangspunten al werd genoemd: ‘Met deze kengetallen is de inschatting van isolatiekosten gemiddeld genomen zo juist als dat mogelijk’.

#### Voorbeelden van isolatiekosten

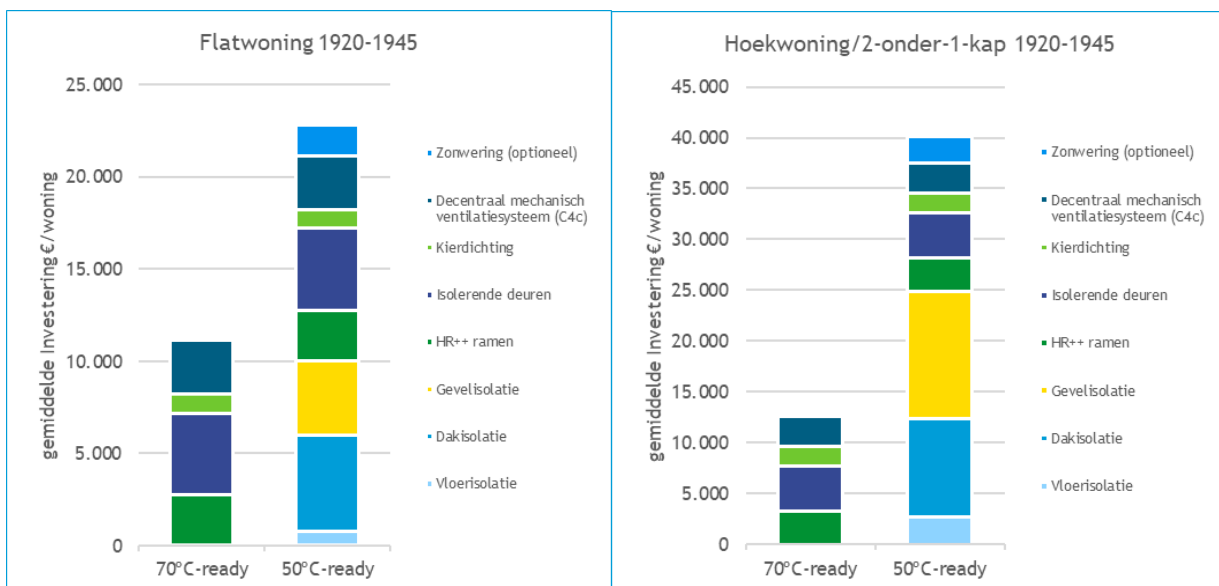
We rekenen de isolatiekosten op alle vier de manieren door (een op zichzelf staand moment versus een natuurlijk moment en enkele woning versus projectmatige aanpak). Wanneer we een van de investeringskosten eruit pakken en in de analyse gebruiken als ‘investeringskosten’, dan zijn dat de kosten op een zelfstandig moment bij een projectmatige aanpak. Daarbij is het uitgangspunt dat we naar de daadwerkelijke investeringskosten van de woningeigenaar kijken. Omdat veel woningen in Amsterdam VvE's of van een groot eigenaar zijn, gaat het om het verduurzamen van meerdere woningen waardoor er over het algemeen sprake is van een planmatige aanpak. Daarom is een zelfstandig moment bij een projectmatige aanpak het meest maatgevend voor de investeringskosten.

In Figuur 14 staat een voorbeeld van de investeringskosten voor een flatwoning gebouwd in de periode 1920-1945 met een oppervlakte van 67 m<sup>2</sup> (links) en een hoek/2-onder-1-kap woning uit dezelfde periode van 88 m<sup>2</sup> (rechts). De oppervlakten zijn gekozen als het gemiddelde van de combinatie woningtype/bouwperiode binnen de Amsterdamse woningvoorraad. De kosten om tot het 70°C-ready niveau te komen liggen rond de €11.000, en naar 50°C-ready kost circa €23.000 inclusief zonwering. In A.10 bespreken we dat er, afhankelijk van het ordesysteem en locatie in de stad, met meerkostenfactoren wordt gerekend. In dit voorbeeld is een gemiddelde factor van 1,25 toegepast. De grafiek geeft weer waar de kosten uit bestaan. Daarin valt bij de flatwoning op dat zowel kosten voor dak- als vloer worden gemaakt: dit heeft te maken met het feit dat dit om de ‘gemiddelde’ meersgezinswoning gaat (zoals eerder beschreven bij de categorisering van woningtypes a.d.h.v. RVO voorbeeldwoningen, zie paragraaf A.3).

### Opmerking over het gebruik van de ‘investeringskosten’:

In dit onderzoek gebruiken we de kosten afkomstig van de kostendatabase van Arcadis. De investeringskosten van het maatregelenpakket die volgen uit deze kostendatabase hebben we voorgelegd aan enkele experts die voor woningcorporaties werken. Deze gaven aan dat de kosten in de praktijk vaak hoger uitvallen. Daarbij werden richtgetallen van 50 tot 100% genoemd. Omdat er geen betere informatiebron beschikbaar is dan de Arcadis kostendatabase, gebruiken wij deze in ons onderzoek in de wetenschap dat de kosten in de praktijk hiervan flink kunnen afwijken.

De kosten voor onderhoud of vervanging kunnen worden meegenomen in een investeringsplaatje. Een gebouw heeft continu onderhoud nodig. Bijvoorbeeld om de kozijnen elke paar jaar te schilderen en het dak na zoveel jaar te vervangen. Over het algemeen wordt hiervoor gespaard, zodat als er onderhoud moet worden gepleegd er geld voor is. Als op dat moment het dak niet alleen vervangen wordt maar ook verduurzaamd, dan is er sprake van kosten voor gewoon onderhoud en meerkosten voor verduurzaming. Dit zijn de kosten voor verduurzaming op een natuurlijk moment.



Figuur 14 Investeringskosten isoleren flatwoning en hoekwoning 1920-1945

### Subsidies

Voor het isoleren van woningen zijn op dit moment drie Rijkssubsidieregelingen beschikbaar: de ISDE<sup>18</sup>, SVVE<sup>19</sup> en de SVOH<sup>20</sup>. De eerste is voor woningeigenaren, de tweede voor VvE's en de SVOH is voor grote particuliere verhuurders. Woningcorporaties kunnen alleen als deelnemende partij in een SVVE gebruik maken van deze subsidies. We nemen de subsidiewaarden mee voor woningen waarvan we redelijkerwijs kunnen aannemen dat deze in aanmerking komen voor de regeling. Dit doen we op basis van de bij ons bekende woningeigenaar en VvE-gegevens. Op basis van deze gegevens kunnen we niet vaststellen of een woning in aanmerking komt voor de SVOH-regeling, we zijn dus alleen uitgegaan van de bedragen voor de ISDE en SVVE. In Tabel 2 staan de

<sup>18</sup> <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde>

<sup>19</sup> <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/svve>

<sup>20</sup> <https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/svoh>

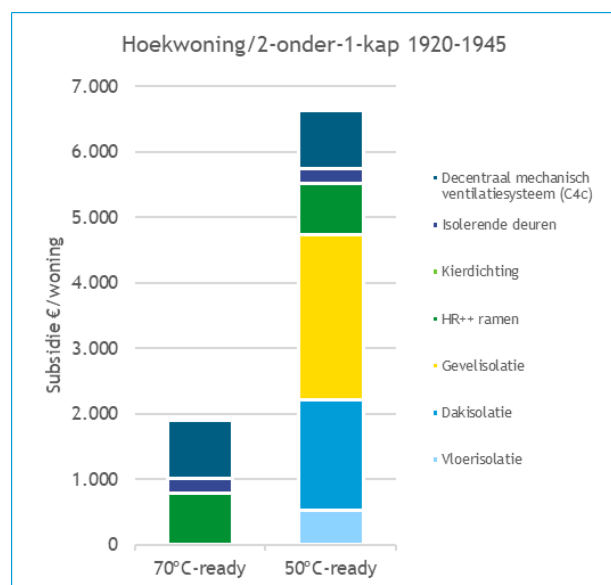
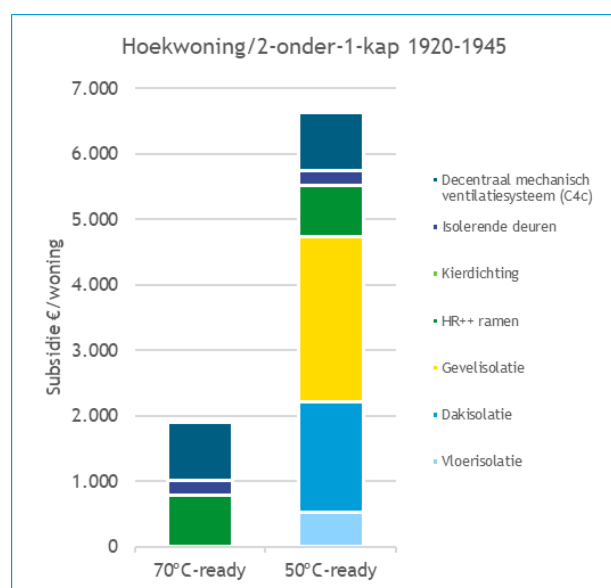


subsidiebedragen en oppervlaktevoorwaarden waarmee is gerekend. Hierbij gaan we uit van de bedragen van twee of meer isolatiemaatregelen.

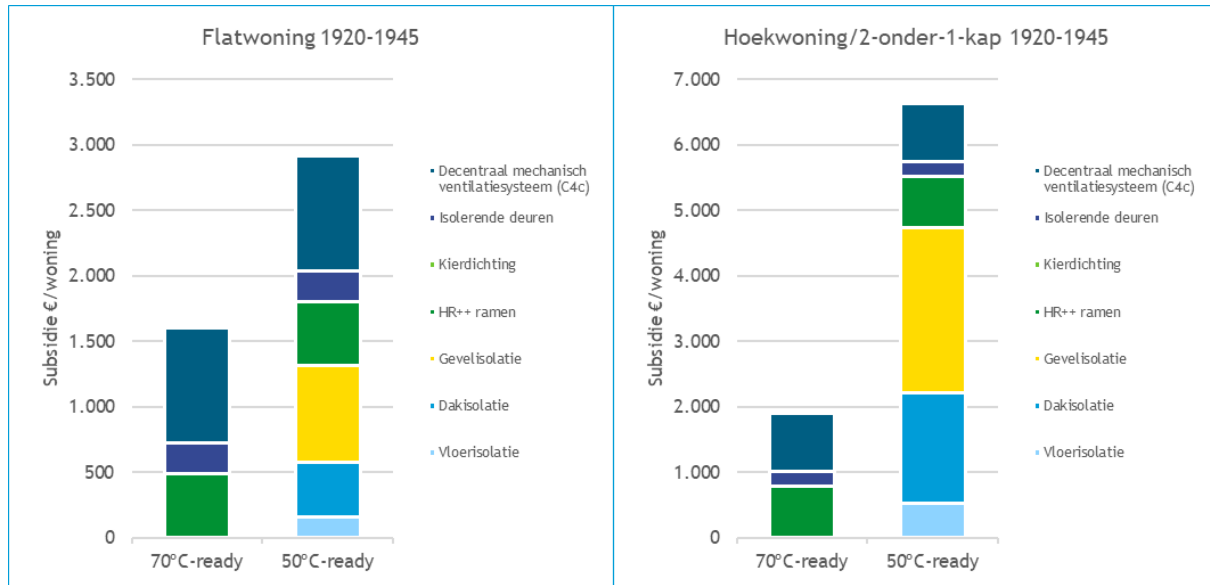
Tabel 24 – Isolatiesubsidiebedragen en -voorwaarden

Gebouwelement	Subsidie per vierkante meter (€ <sub>2023</sub> )	Minimaal oppervlak (m <sup>2</sup> )	Maximaal oppervlak (alleen ISDE) (m <sup>2</sup> )
Gevel	38	10	170
Spouw	8	10	170
Dak	30	20	200
Vloer	11	20	130
Ramen	46/53 (ISDE/SVVE)	8	45

Verder geldt voor de deur een subsidie van 131 per deur (we rekenen gemiddeld met twee deuren), en voor ventilatiesystemen 30% van de offerteprijs tot 1.200 euro.



Figuur 15 staat een overzicht van de subsidiehoogte voor dezelfde woningtypen als bij de investeringskosten. Deze komen neer op circa 15% van de totale investeringskosten in het isolatiepakket.



Figuur 15 Subsidies isoleren flatwoning en hoekwoning 1920-1945

## A.10 Erfgoed

### Amsterdamse systeem

Veel woningen in Amsterdam zijn erfgoed en worden daarom beschermd. Ze hebben een cultuurhistorische waarde en maken deel uit van een beschermd stads- of dorpsgezicht of op de door de raad vastgestelde waarderingskaarten architectuur en stedenbouw. De kwaliteit van individuele woningen wordt gewaardeerd binnen het ordesysteem<sup>21</sup>:

- Orde 1: Rijks- en gemeentelijke monumenten en panden met vergelijkbare cultuurhistorische waarde.
- Orde 2: Panden van voor 1965 die een belangrijke bijdrage leveren aan het stadsbeeld.
- Orde 3: Panden van voor 1965 die een beperkte architectonische of stedenbouwkundige meerwaarde hebben, maar wel een positieve bijdrage leveren aan het stadsbeeld.
- Basisorde: Panden met basiskwaliteit of die door wijzigingen hun architectonische meerwaarde hebben verloren.

Om de cultuurhistorische waarde te borgen bestaan er binnen het ordesysteem een aantal beschermingen en restricties zoals de vergunningsplichten in de tabel.

Tabel 3 – Vergunningsplicht per ordesysteem

Ordesysteem	Opmerking
Orde 1	Vergunningsplicht voor gehele woning
Orde 2	Vergunningsplicht voor gevel en kap
Orde 3	Vergunningsplicht voor gevel
Basisorde	Vergunningsplicht voor gevel

De meeste orde 1 panden zijn monument. Dat houdt in dat bijna alle wijzigingen aan de binnen- en de buitenzijde vergunningplichtig zijn en worden getoetst aan het beleidskader monumenten. Voor panden met orde 2, 3 en basisorde geldt dat regels voor het uiterlijk alleen betrekking hebben op de voorgevel en de hoofdvorm van de kap. Deze regels zijn vastgelegd in de welstandsnota. De vergunningplicht als zodanig komt zowel bij monumenten als bij overige panden niet voort uit de ordewaardering, maar uit de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo).

<sup>21</sup> <https://www.crk.amsterdam.nl/media/documenten/las21123welstandsnotaherziening-003wcag.pdf>

### Isoleren van erfgoed

Sommige isolatie-ingrepen hebben een ingrijpend effect op de uitstraling van een woning. Denk bijvoorbeeld aan het isoleren van de gevel aan de buitenzijde. Omdat deze ingreep vaak leidt tot het verlies van cultuurhistorische waarde heeft deze manier van isoleren in dit bij orde 1 en orde 2 panden niet toegestaan. Bij orde 3 en basisorde is dit soms wel mogelijk, maar er blijft een vergunningsplicht. Wij hebben deze maatregel vanwege erfgoedoverwegingen niet toegepast voor de berekening van energiebesparingen.

De bescherming van erfgoed maakt dat niet voor elke woning dezelfde standaardmaatregelen kunnen worden genomen, en ook dat de kosten in de praktijk sterk uiteen kunnen lopen. In een normale woning vervang je bijvoorbeeld enkel glas of standaard dubbelglas door HR++ glas, mits dit niet tot vervanging van het raam en/of kozijn hoeft te leiden. Maar in een monumentale woning is vaak speciaal (dunner) glas nodig dat een andere isolatiewaarde (u-waarde) heeft.

#### Hoe wordt omgegaan met:

- Monumenten in de binnenstad van Amsterdam (orde 1):  
Voor de bouwdeelen kap, vloer, gevel laten we monumenten (orde 1) in de binnenstad buiten scope in de doorrekening van meerkosten voor na-isolatie van erfgoed, omdat men hier niet met generieke getallen of bedragen kan rekenen.
- Erfgoed in Weesp:  
Weesp is bij de gemeentelijke herindeling van 2022 bij Amsterdam gevoegd. De dataset van gemeente Amsterdam bevat voor Weesp maar een deel van de gegevens die er voor de rest van Amsterdam zijn. Er is onder andere geen informatie over erfgoed in Weesp beschikbaar. Daarmee is er geen erfgoedkostenopslag op deze woningen toegepast.

### Meerkostenaanpak

We gaan uit van meerkostenfactoren voor erfgoed als percentuele opslag per bouwdeel, t.o.v. de kosten voor standaard maatregelen uit de Arcadis-database. Bij de isolatiemaatregelen voor de verschillende bouwdeelen gaan we voor de eventuele meerkosten in erfgoed uit van elk schielelement. Het percentage meerkosten betreft een gemiddelde. In praktijk kunnen de (meer)kosten uiteraard lager of hoger uitpakken.

Meerkosten ontstaan onder andere door:

- *Vergunningskosten*: voor de ingreep is een vergunning, en is vaak ook bouwkundig advies en (soms ook bouwhistorisch) onderzoek en een bouwfysische doorrekening nodig.
- *Maatwerkkosten*: door het toepassen van een niet-standaard ingreep in een woning van cultuurhistorische waarde (m.n. bij isolatie van vloer en gevel) is vaak maatwerk en dus meer arbeid nodig. Hierdoor kunnen er geen schaalvoordelen worden behaald, en vaak wordt bij erfgoed ook een hogere kwaliteit van uitvoering geëist.
- *Materiaalkosten*: hogere kosten door keuze van specifieke ‘passende’ materialen, bijvoorbeeld van toepassing op het (monumenten)glas in ramen.

### Meerkostenfactoren

Op basis van inzichten van de Commissie Ruimtelijke Kwaliteit (CRK) en het Bureau Monumenten en Archeologie van de gemeente Amsterdam zijn de volgende meerkostenfactoren ingeschat voor beglazing:

Tabel 46 - Erfgoed, meerkostenfactoren beglazing

Orde/ruimtelijk systeem	Binnenstad (altijd maatwerk)	19 <sup>e</sup> -eeuwse Ring (altijd maatwerk)	Gordel '20-'40	AUP en Post-AUP	Rest van de stad
Orde 1	Buiten scope	100%	75%	50%	0%
Orde 2	100%	100%	75%	50%	0%
Orde 3	100%	100%	75%	50%	0%
Basisorde	0%	0%	0%	0%	0%

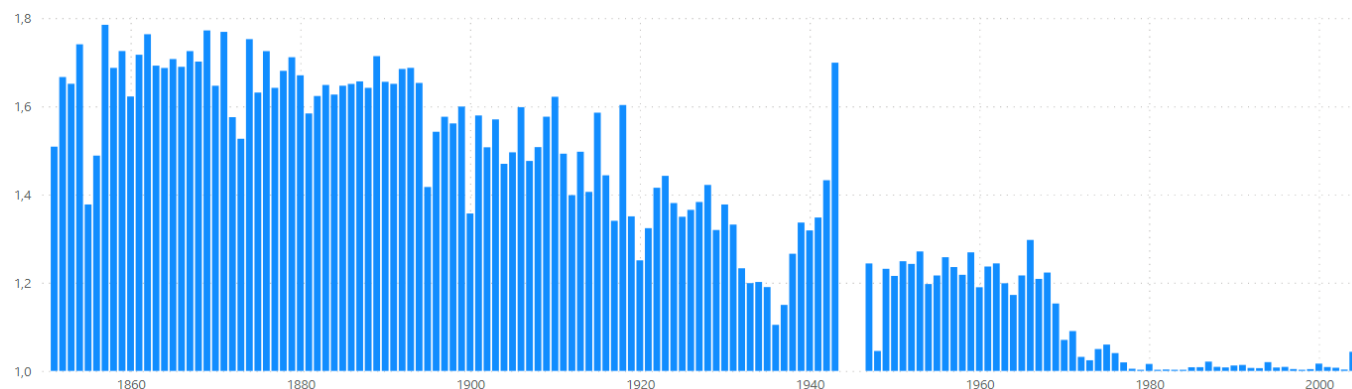
Voor het isoleren van het dak, de vloer en de gevel (voorzetwand aan binnenzijde) zijn met de volgende factoren vastgesteld:

Tabel 17 - Erfgoed, meerkostenfactoren isoleren dak, vloer & gevel (binnenzijde)

Orde/ruimtelijk systeem	Binnenstad	19 <sup>e</sup> -eeuwse Ring	Gordel '20-'40	AUP en Post-AUP	Rest van de stad
Orde 1	Buiten scope	75%	50%	25%	0%
Orde 2	75%	75%	50%	25%	0%
Orde 3	75%	75%	50%	25%	0%
Basisorde	0%	0%	0%	0%	0%

Er zijn geen erfgoed-gerelateerde meerkosten voor het isoleren van de spouw.

We berekenen een gemiddelde erfgoedkostenfactor per woning op basis van de totale hoeveelheid erfgoed-gerelateerde meerkosten t.o.v. de investeringskosten voor isoleren zonder kostenopslag. In Figuur 16 staan op de x-as de bouwjaren en op de y-as de gemiddelde meerkostenfactor. Woningen gebouwd voor 1930 hebben gemiddelde meerkostenfactoren uiteenlopend van 1,2 tot 1,8. Voor de bouwjaren op en rond de oorlog geldt dat er relatief weinig woningen zijn gebouwd, en dat veel van deze woningen van dusdanig slechte kwaliteit waren dat deze weer zijn afgebroken. Dit vertekent de gemiddelde meerkostenfactoren in die periode. Woningen gebouwd 1945-1975 hebben gemiddeld een meerkostenfactor van 1,2, woningen met bouwjaar na 1975 hebben gemiddeld vrijwel geen erfgoed-gerelateerde meerkosten.



Figuur 16 Gemiddelde meerkostenfactoren erfgoed per bouwjaar voor isoleren naar het 50-graden-ready niveau

Er staan volgens het BAG-register geen woningen (meer) in Amsterdam die gebouwd zijn aan het einde van de oorlog. Om deze reden is de meerkostenfactor voor deze jaren 1 (in het figuur).

## A.11 Circulair materiaalgebruik

Naast energiegebruik heeft ook materiaalgebruik een klimaatimpact. Zo is er bijvoorbeeld energie nodig om grondstoffen te delven, materiaal te fabriceren en producten te transporteren. We onderzoeken daarom de potentiële klimaateffecten van materiaalgebruik in Amsterdam.

Per gebouwelement specificeren we twee materiaalkeuzes die allebei resulteren in dezelfde isolatiewaarde (Rc-waarde): de traditionele materiaalkeuze (vaak mineraal of kunststof) en een biobased materiaal. In de praktijk kiest men uiteraard niet altijd één specifiek materiaal voor het isoleren van een gebouwelement. Onder andere verschillende bouwtechnische situaties, bewonerswensen en beschikbaarheden spelen een rol in het gebruikte isolatiemateriaal. In deze analyse kunnen we die heterogeniteit echter niet meenemen. Het doel van het naast elkaar zetten van twee materiaalkeuzes is om een globaal kwantitatief inzicht te geven in het verschil in milieu-impact en kosten.

Aveco de Bondt (zie bijlage I) onderzocht in opdracht van de gemeente Amsterdam de milieu-impact in kg CO<sub>2</sub>-equivalenten per vierkante meter (LCA modules A1-A5<sup>22</sup>) en de biogene CO<sub>2</sub>-opslag van verschillende materialen.

<sup>22</sup> De LCA-modules zijn: A1-A3 - productie, A4-A5 - bouw, B - gebruik, C - sloop, D - hergebruik. De kengetallen voor isolatiematerialen betreffen dus alleen de emissies gerelateerd aan de productie- en bouwphase.

Ze vergeleken hierin per isolatiemaatregel twee productsoorten: traditionele isolatiematerialen die veel worden toegepast en alternatieve biobased isolatiematerialen. De resulterende kengetallen staan in onderstaande tabellen. De diktes van de materialen zijn zo gekozen om tot een gelijke isolatiewaarde te komen. Bij een aantal biobased materialen is ook -om vochtproblemen te voorkomen- dampwerende folie meegenomen in de analyse.

Tabel 58 – Kengetallen traditioneel materiaalgebruik (bron: Aveco de Bondt)

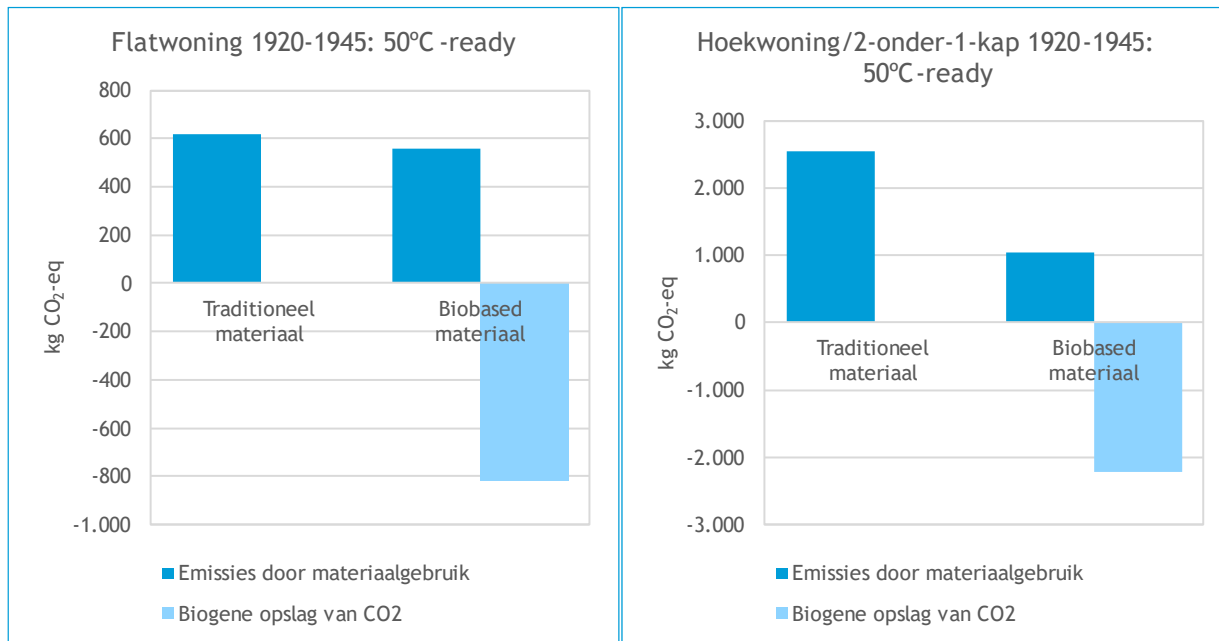
Maatregel	Materiaal	Kg CO <sub>2</sub> -uitstoot (A1-A5) per m <sup>2</sup> isolatie-oppervlak	Kg biogene CO <sub>2</sub> opslag per m <sup>2</sup> isolatie-oppervlak
Isolatie plat dak	PIR-platen (buitenzijde)	11,68	0
Isolatie hellend dak	PIR-platen	20,07	0
Vloerisolatie	PUR-schuim	16,30	0
Voorzetwand binnenmuur	PIR-platen	11,68	0
Spouwmuurisolatie	EPS-parels	9,72	0

Tabel 69 – Kengetallen biobased materiaalgebruik (bron: Aveco de Bondt)

Maatregel	Materiaal	Kg CO <sub>2</sub> -uitstoot (A1-A5) per m <sup>2</sup> isolatie-oppervlak	Kg biogene CO <sub>2</sub> opslag per m <sup>2</sup> isolatie-oppervlak
Isolatie plat dak	Drukvaste houtvezelplaat en folie	29,35	31,75
Isolatie hellend dak	Ingeblazen cellulose en folie	1,94	10,64
Vloerisolatie	Houtwolpaat	7,46	12,24
Voorzetwand binnenmuur	Ingeblazen cellulose en folie	1,94	10,64
Spouwmuurisolatie	Bio-EPS-parels	9	onbekend

In Figuur 17 staat het effect van materiaalgebruik voor isolatie voor twee voorbeeldwoningen. We laten hier resultaten voor het 50°C-ready pakket zien, omdat in het 70°C-ready pakket geen maatregelen worden genomen waarvoor we een materiaalvergelijking tussen traditioneel en biobased kunnen doen.

De emissies die vrijkomen bij het produceren en aanbrengen van het isolatiemateriaal zijn voor traditionele materialen vaak iets hoger dan wanneer men biobased materialen gebruikt. Bij traditionele materialen is er geen sprake van biogene opslag, bij biobased wel. Biogene opslag houdt in dat er CO<sub>2</sub> voor langere tijd wordt vastgelegd. Als je deze biogene opslag van CO<sub>2</sub> zou meetellen in het klimaateffect van materialen dan is het biobased alternatief vaak netto positief: er wordt meer CO<sub>2</sub> opgeslagen dan gebruikt voor productie.



Figuur 17: Emissies door materiaalgebruik in voorbeeldwoningen

Als we deze bevindingen vergelijken met de jaarlijkse CO<sub>2</sub>-besparing door energiebesparing, zoals beschreven in A.8, dan zijn de emissies door materiaalgebruik:

- voor traditioneel isolatiemateriaal vaak binnen één of twee jaar terugverdiend.
- voor biobased materiaal (rekening houdend met de vastgelegde CO<sub>2</sub>) al meteen positief.

Als opslag van CO<sub>2</sub> van biobased materiaal niet meegerekend wordt, dan liggen de resultaten hiertussen in.

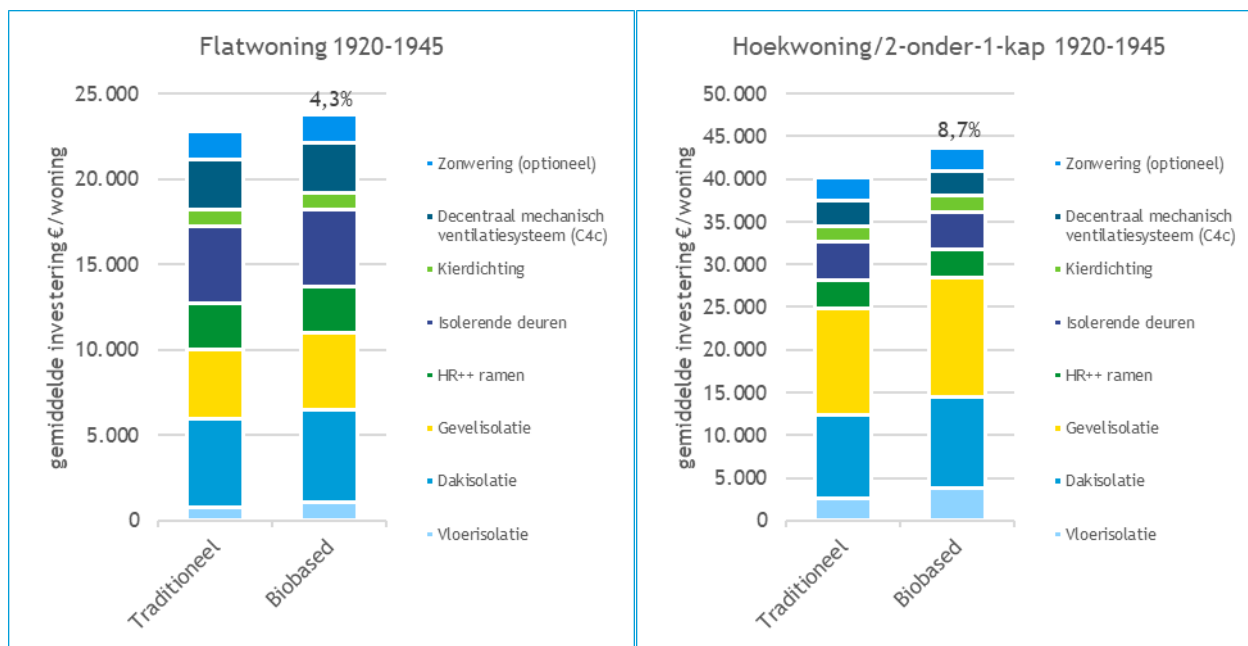
#### Meerkosten biobased materiaalgebruik

Biobased materialen hebben vaak een hogere kostprijs dan traditionele materialen. Op basis van onderzoek door Aveco de Bondt hebben we de kostprijs per vierkante meter biobased materiaal vergeleken met de Arcadis kostprijzen. Daarbij is o.a. rekening gehouden met verschil in materiaal- en arbeidskosten (er kan afhankelijk van het materiaal een verschil in arbeidsinzet zijn), in een zo vergelijkbaar mogelijke inkoop situatie van de aannemer. Uit de vergelijking (Tabel 20) blijkt dat voor alle isolatiemaatregelen het biobased materiaal (gemiddeld) altijd iets duurder is dan het traditionele materiaal.

Tabel 7 – Meerkostenfactoren biobased materiaalgebruik (bron: bewerking op Aveco de Bondt)

Maatregel	Meerkostenfactor biobased materiaalgebruik
Isolatie plat dak	1,04
Isolatie hellend dak	1,19
Vloerisolatie	1,43
Voorzetwand binnenmuur	1,11
Spouwmuurisolatie	1,11

In Figuur 18 laten we zien hoe deze meerkostenfactoren uitvallen op de totale kosten voor isoleren naar 50°C-ready. De meerkosten zijn over het algemeen lager bij meersgezinwoningen (links) dan bij eengezinwoningen (rechts).



Figuur 18 Kostenvergelijking gebruik traditioneel en biobased materiaal voor naar 50 graden ready bij voorbeeldwoningen

## A.12 Zonwering ter voorkoming van actieve koeling

De gemeente wenst zonwering in te zetten ter voorkoming oververhitting (en dus geen actieve koeling mee te nemen in de berekeningen). Hoewel er geen liggingsinformatie beschikbaar is over de woningen en hun ramen, maken wij een kosteninschatting op basis van de volgende informatie:

- Het raamoppervlak (geschaald middels vloeroppervlak op basis van RVO voorbeeldwoningen);
- We nemen aan dat de helft van de ramen op de zonzijde is gelegen (eigen aanname CE Delft);
- We passen de volgende eenheidskosten voor toepassen buitenzonwering toe van gemiddeld 250 €/m<sup>2</sup> inclusief materiaal, montage en btw (aanname gemiddelde van rolluiken, screens, uitvalschermen of shutters).

Een voorbeeldberekening van zonweringkosten per woningtype staat in Tabel 21. Het aangenomen raamoppervlakte op de zonzijde is gebaseerd op de RVO voorbeeldwoningen gebouwd tussen 1945 en 1965.

De kostenopslag die we hanteren voor isolatiemaatregelen bij monumenten en welstandrestricties passen we ook toe op de eenheidsprijs voor zonwering. Op deze manier houden we rekening met een hoogwaardigere afwerking of opties als markiezen.

Tabel 21 Voorbeeld kosten buiten zonwering per woningtype (voorbeeldwoningen gebouwd tussen 1945 en 1965)

Woningtype	Aangenomen raamoppervlakte zonzijde (m <sup>2</sup> )	Kostprijs zonwering (€)
Flat- of galerijwoning	9	2.250
Maisonnette	8	2.000
Portiekwoning	8	2.000
Rijtussenwoning	10	2.500
Hoekwoning	12	3.000
Twee-onder-een-kap	13	3.250
Vrijstaande woning	15	3.750

## A.13 Financiële berekeningen

### Verdiscontering

Om een eenmalige investering te vergelijken met jaarlijkse baten verdisconteren we deze. Dat kan op twee manieren: 1) op basis van het perspectief van de investeerder, waarbij de financieringsmogelijkheden leidend zijn, of 2) op basis van het perspectief van de maatschappij, waarbij we rekening houden met de afschrijvingstermijn van een maatregel en een maatschappelijke discontovoet hanteren.

De eerste manier sluit beter aan bij de werkelijke financieringslasten van de investeerder. Hierbij moeten we een keuze maken voor een financieringsmethode/regeling, en moeten we een aanname doen op welk moment in de tijd deze investering genomen wordt.

De tweede manier heeft als voordeel dat (de verandering van) de jaarlasten beter onderling vergelijkbaar is tussen woningtypes of bouwperiodes. Immers kunnen de mogelijkheden om investeringen te financieren sterk verschillen per woningeigenaar en ook het maatregelenpakket verschilt tussen woningtypen/bouwjaren. Een langere afschrijvingstermijn (30 jaar) correspondeert beter met isolatiemaatregelen. Ten slotte neem je met deze manier van verdisconteren aan dat de investering op de middelkorte termijn gebeurt, waardoor wisselende rentestanden minder effect hebben op conclusies.

Gemeente Amsterdam kiest in deze berekening voor het perspectief van de investeerder en kiest daarom voor de eerste disconteringsmethodiek. We hanteren een afschrijftermijn van 15 jaar voor alle maatregelen (gebouwdelen, ventilatie en zonwering) gelijk aan de maximale termijn van het Warmtefonds en gebruiken een discontovoet van 4%, conform de huidige langjarige rente en vergelijkbaar met het Warmtefonds<sup>23</sup>. Door voor deze methode te kiezen nemen we impliciet aan dat de investering in 2023 gebeurt, in plaats van ergens in de komende jaren, wanneer de rente mogelijk weer veel hoger of lager ligt.

Onder deze rente en afschrijvingstermijn is de verdisconteerde waarde van een investering van 10.000 euro 562 euro per jaar. Oftewel: een huishouden is 562 euro per jaar kwijt aan aflossing- en rentebetalingen als ze tegen deze voorwaarden hadden gefinancierd. Een investering van 25.000 euro kost op jaarbasis 1.406 euro, of 112 euro per maand. We gebruiken deze verdisconteerde waarde van de investering (na aftrek van subsidies) om te vergelijken met de baten van het isoleren: de lagere stookkosten.

### Baten

Het isoleren van een woning brengt baten met zich mee in de vorm van een lagere energierekening. We schatten deze baten in op basis van een langjarige gasprijs, en een gekoppelde warmteprijs volgens het NMDA-principe. De Klimaat- en Energieverkenning<sup>24</sup> 2023 (KEV 2023) van het PBL bevat schattingen voor wat de gasprijs de komende jaren gaat zijn. Op basis van hiervan nemen we de langjarige gemiddelde consumentengasprijs als 1,33 €/m<sup>3</sup> en een warmteprijs van 41,96 €/GJ. Een woning die per jaar 1.000 m<sup>3</sup> gas gebruikt voor verwarming, en na isoleren nog maar 800 m<sup>3</sup> gas gebruikt is zo op jaarbasis 266 euro minder kwijt aan stookkosten. Als hiervoor de bovengenoemde 10.000 euro investering nodig was, dan is het netto effect op de jaarlijkse lasten van de woningeigenaar 562 - 266 = 296 euro hoger dan voor het isoleren. Hoewel de investering zich in dit voorbeeld niet terugverdient is het comfortniveau in de woning gestegen. Er is nu een betere uitgangspositie om over te schakelen naar een verwarmingssysteem met lagere stookkosten, zoals een (hybride) warmtepomp, en eventueel achterstallig onderhoud is weggewerkt. Daarnaast stijgt de woningwaarde.

Een kanttekening bij de berekening van de netto verandering van jaarlasten is dat de bewoner en eigenaar van een woning in huursituaties niet dezelfde zijn. Particuliere verhuurders hebben zelf niet direct baat bij energiebesparing, maar zijn wel de partij om de investering te doen. Wel kunnen ze de investering terugverdienen d.m.v. een huurverhoging. Woningcorporaties daarentegen mogen baten niet terugverdienen door middel van een huurverhoging.

## A.14 Resultaten op gemeenteniveau

We passen de hierboven beschreven uitgangspunten toe op de woningvoorraad van Amsterdam.

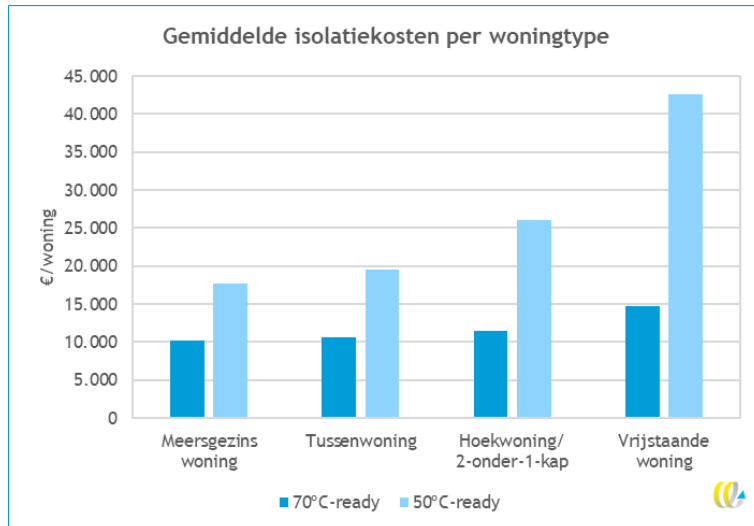
<sup>23</sup> <https://www.warmtefonds.nl/>

<sup>24</sup> <https://www.pbl.nl/kev>



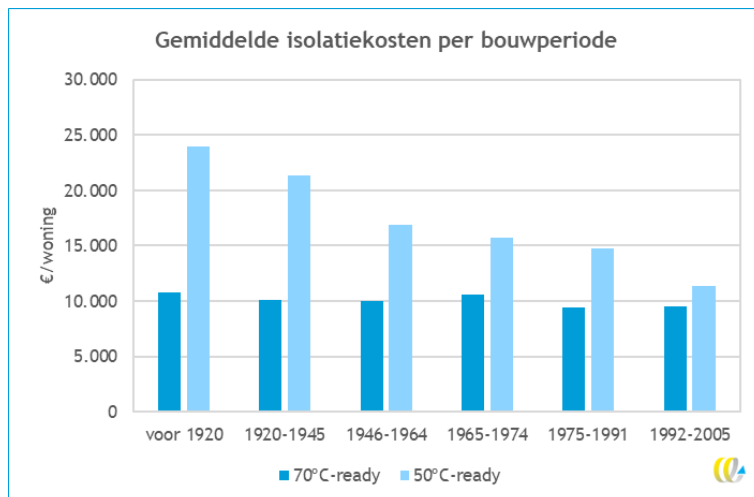
## Isolatiekosten

We kijken eerst naar de gemiddelde isolatiekosten van Amsterdamse woningen. In Figuur 19 staan deze weergegeven. Belangrijke aandachtspunten zijn dat de gemiddelde woning in Amsterdam relatief klein is, en dat het overgrote merendeel (~80%) meersgezinswoningen zijn.



Figuur 19 Gemiddelde isolatiekosten per woningtype

Het isoleren naar 70-graden-ready kost gemiddeld tussen de 10.000 en 15.000 euro. Voor 50-graden-ready liggen de kosten tussen de 17.000 en 43.000 per woning. De kosten van het 70-graden-ready pakket zijn vergelijkbaar tussen de woningtypen, terwijl je bij het 50-graden-ready pakket ziet dat de kosten tussen meersgezin en vrijstaand enorm uiteen lopen. Dat komt door de maatregelen in de pakketten: in 70-graden-ready zitten maatregelen waarvan de kosten niet of beperkt schalen met de gebouwschil (ventilatie, deuren, ramen). Maatregelen in het 50-graden-ready pakket zijn onder andere het dak en de gevel, waarvan een vrijstaande woning relatief een groter oppervlak heeft.



Figuur 20 Gemiddelde isolatiekosten per bouwperiode

Per bouwperiode zien we ook het kostenpatroon dat 70-graden-ready kosten vrij constant zijn, terwijl de kosten voor 50-graden ready hoger zijn bij oudere woningen. We kijken hier trouwens alleen naar de woningen waarvoor het toepassen van een isolatiepakket nodig is. Voor 70-graden-ready is isoleren van woningen na 1975 in de meeste gevallen niet nodig (zie Tabel 8) van de woningen die geïsoleerd moeten worden hoeft maar 3% van woningen 1975-1991 en 1% van woningen na 1992 te worden geïsoleerd om 70 graden ready te bereiken). De variatie in percentage wel/niet isoleren voor 70-graden-ready wordt voornamelijk verklaard door de manier waarop we in de berekeningen en aannames zijn omgegaan met energielabels (beschreven in A.4). Deze

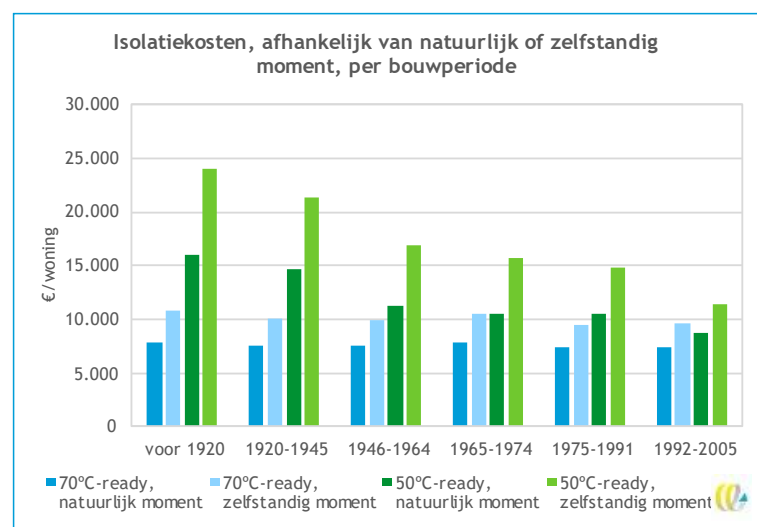
woningen hebben namelijk een slecht (E/F/G) afgemeld label waar we dat op basis van de bouwperiode niet zouden verwachten.

Tabel 8 – Percentage van woningen waarbij isolatiemaatregelen worden toegepast om tot 70-graden-ready te komen.

Woningtype	voor 1920	1920-1945	1946-1964	1965-1974	1975-1991	1992-2005	Totaal
Meersgezinswoning	95%	97%	91%	89%	3%	0%	68%
Tussenwoning	88%	89%	93%	93%	4%	1%	59%
Hoekwoning/2-onder-1-kap	98%	89%	97%	96%	3%	1%	56%
Vrijstaande woning	99%	98%	98%	97%	5%	5%	64%
Totaal	94%	95%	92%	90%	3%	1%	66%

Figuur 21 laat het verschil in kosten zien voor een natuurlijk en zelfstandig moment per isolatieniveau en per bouwperiode. We gaan standaard uit van kosten op een zelfstandig moment, zoals beschreven in A.9. De reden hiervoor is dat het verschil tussen de motivaties -onderhoud (natuurlijk moment) of verduurzaming (zelfstandig moment)- lastig is om te kwantificeren. Een gebouw heeft continu onderhoud nodig. Bijvoorbeeld om de kozijnen elke paar jaar te schilderen en het dak na zoveel jaar te vervangen. Over het algemeen wordt hiervoor gespaard, zodat als er onderhoud moet worden gepleegd er geld voor is. Als op dat moment het dak niet alleen vervangen wordt maar ook verduurzaamd, dan is er sprake van kosten voor gewoon onderhoud en meerkosten voor verduurzaming.

In de figuur zien we dat het verschil tussen de kosten op een zelfstandig moment en een natuurlijk moment het laagst is bij nieuwere woningen en het grootst bij oudere woningen.

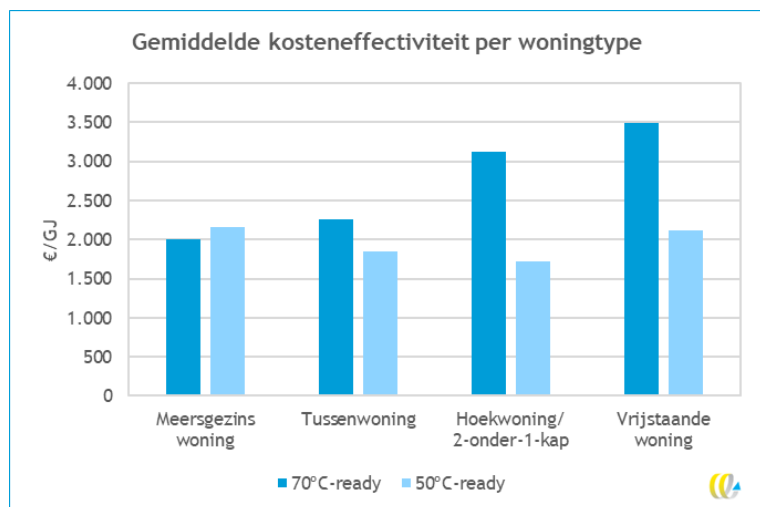


Figuur 21 Gemiddelde isolatiekosten, afhankelijk van natuurlijk of zelfstandig moment, per bouwperiode

### Kosteneffectiviteit

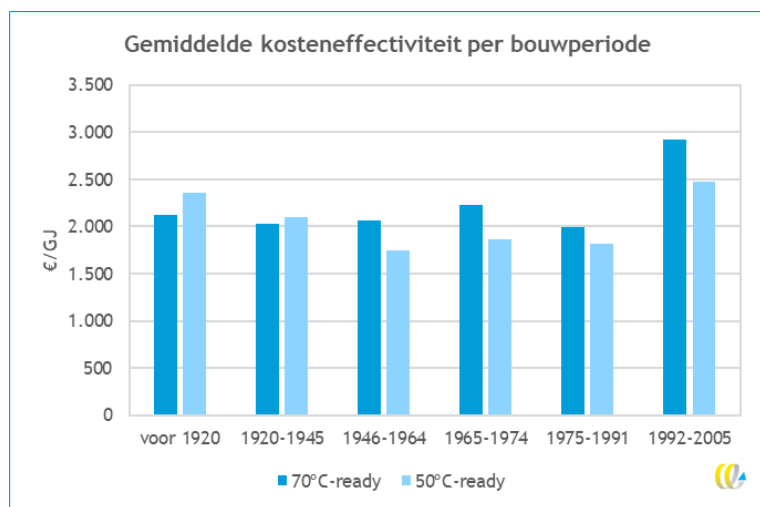
De kosteneffectiviteit, gedefinieerd als de investering in euro gedeeld door de kosten van de jaarlijks bespaarde hoeveelheid energie in GJ, is beter als deze lager is. We zien in Figuur 22 dat de investeringskosten voor isoleren (zonder subsidies) voor alle woningen meer bedragen, dan de kostenbesparing als gevolg van isolatie. De kosteneffectiviteit van isoleren naar 70-graden-ready is bij hoekwoningen, 2-onder-1-kappers en vrijstaande woningen slechter dan bij meergezinswoningen: de investering is hoog ten opzichte van de besparing. Verdergaand isoleren kost misschien meer, maar levert ook veel meer energiebesparing op. Bij meersgezinswoningen en tussenwoningen (samen meer dan 95% van de Amsterdamse woningen!) is het verschil

in kosteneffectiviteit tussen de twee isolatieniveaus een stuk kleiner. Investeren in verdergaand isoleren levert dus ongeveer evenredig veel besparing op.



Figuur 22 Gemiddelde kosteneffectiviteit per woningtype

Als we in Figuur 23 de kosteneffectiviteit per bouwperiode vergelijken zien we vooral dat naoorlogse woningen een iets betere kosteneffectiviteit hebben als ze naar 50-graden-ready gaan, vooroorlogse kunnen iets beter naar het 70-graden-readyniveau. Investeren in woningen na 1992 levert het minste op per geïnvesteerde woningen, maar net als bij de vergelijking van isolatiekosten geldt hier dat dit maar een zeer klein deel van de relevante woningvoorraad betreft.



Figuur 23 Gemiddelde kosteneffectiviteit per bouwperiode

#### Verandering van jaarlasten

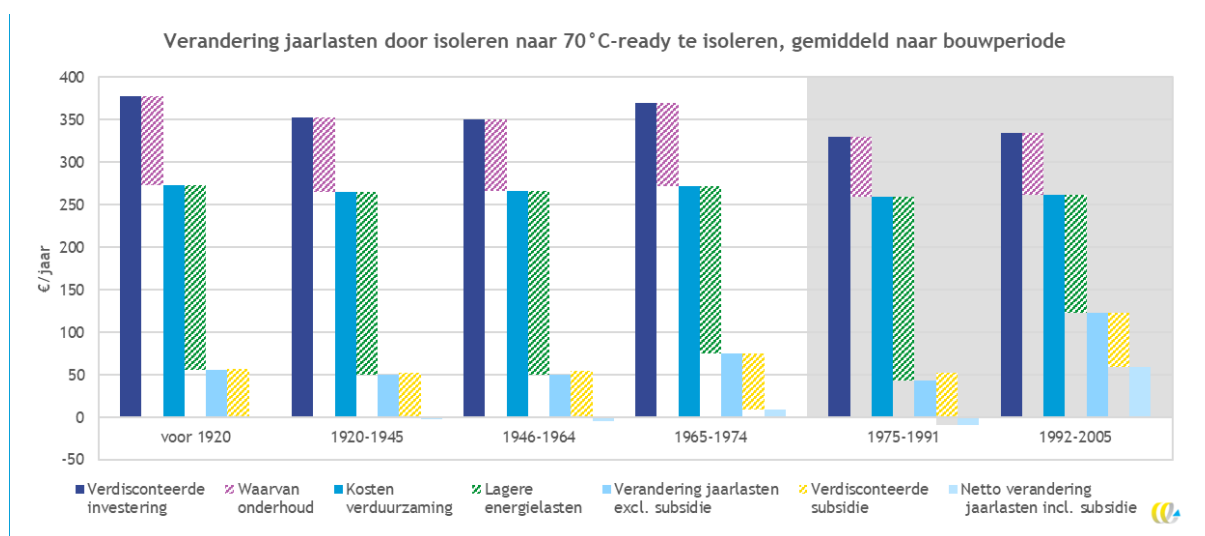
In onderstaande grafieken kijken we naar het effect van isoleren op de jaarlasten. Daarin kijken we eerst naar het effect van de investering. Hoewel deze in feite op dag één wordt gedaan, verdisconteren we deze naar een jaarlast met een rente van 4% en een looptijd van 15 jaar. De keuze van deze financiële parameters motiveren we in A.13. In Figuur 24 zien we dat bij het isoleren tot het 70-graden-niveau de jaarlasten gemiddeld stijgen met ongeveer 300 tot 400 euro. Dit zijn investeringskosten op het zelfstandig moment.

We vergelijken deze investeringskosten op het zelfstandig moment vervolgens met wat de kosten zouden zijn op een natuurlijk moment. We trekken zo als het ware de onderhoudskosten voor instandhouding af van de jaarlasten.

Vervolgens besparen we ieder jaar ook energie (door toepassen van isolatie), waarvan we de kosten kunnen aftrekken. Hierbij nemen we een langjarige prijs (aanneمة gemiddeld over de komende 30 jaar) van € 1,33 per

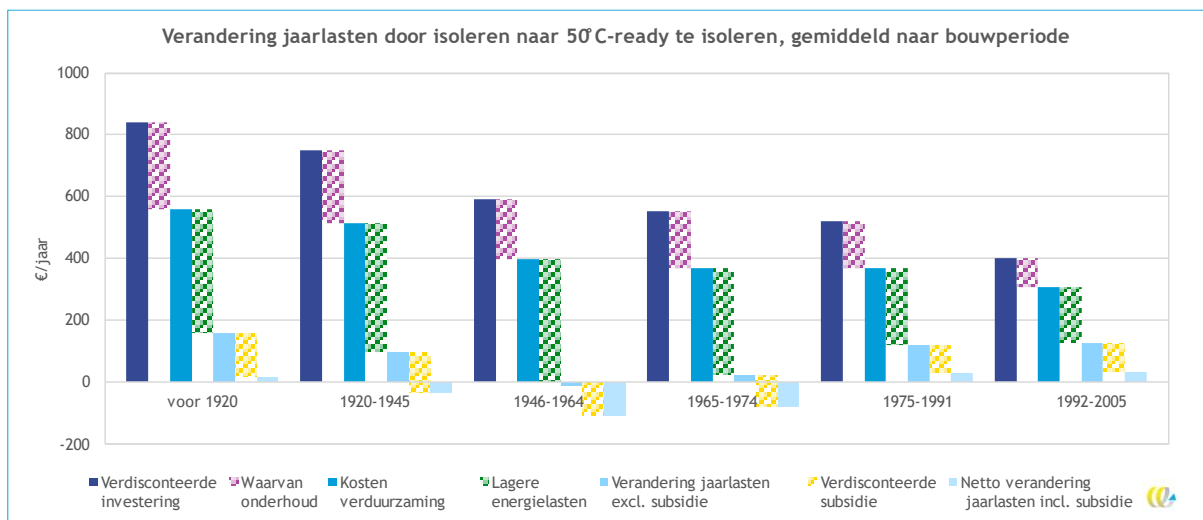
m<sup>3</sup> gas aan, conform het KEV 2022 middenscenario van PBL. Ter context is het prijsplafond ingericht op € 1,45 per m<sup>3</sup>. Wanneer we de effecten van lagere energielasten (door toepassen van isolatie) doorberekenen dalen de lasten gemiddeld rond de 100 tot 200 euro per jaar.

Een groot deel van woningeigenaren komt op dit moment in aanmerking voor subsidie, bijvoorbeeld voor de ISDE of SVVE-regeling. We verdisconteren het subsidiebedrag op dezelfde wijze als de investering, en verrekenen het met de jaarlasten. Wanneer we ook dit effect meenemen voorzien we - gemiddeld per bouwperiode - geen significante verandering in de jaarlasten voor het isoleren naar 70-graden-ready. Daarbij houden we wel de slag om de arm in individuele gevallen: in praktijk kunnen de investeringskosten hoger uitvallen (zie tekstvak in A.9), zal er niet altijd sprake zijn van een natuurlijk vervangmoment, zal de energiebesparing variëren, en kan er meer of minder subsidie beschikbaar zijn. Daarnaast verschilt de financieringsvorm en afschrijvingsperiode van de investering, afhankelijk van de situatie van de investeerder.



Figuur 24 Verandering van de jaarlasten door te isoleren naar 70-graden-ready, gemiddelde van alle woning die geïsoleerd worden in een bouwperiode. We hebben in het figuur de bouwperiodes na 1975 grijs gearceerd, omdat het isoleren tot 70-graden-ready voor slechts een zeer beperkt aantal woningen uit deze bouwperiodes nodig is (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

De investeringskosten voor het behalen van 50-graden-ready zijn een stuk hoger, en dus ook de verdisconteerde investeringslasten. Daar staat tegenover dat er ook veel meer energie wordt bespaard door naar dit niveau tot te isoleren. Anders dan bij het 70-graden-ready scenario zien we dat, wanneer de investering op natuurlijk moment gebeurt en er subsidies beschikbaar zijn, woningen gebouwd tussen 1920 en 1974 er financieel gemiddeld op vooruit gaan door te isoleren. Oudere woningen zijn relatief vaker monument en kennen daardoor hogere isolatiekosten, waardoor de netto jaarlasten iets hoger zijn dan de situatie voor isolatie. Het isoleren van woningen gebouwd na 1975 (en vooral na 1992) is gemiddeld genomen weliswaar goedkoper (lagere investeringskosten) dan oudere woningen, echter is de verwachte energiebesparing ook een stuk lager (lagere kosteneffectiviteit).



Figuur 25 Gemiddelde verandering van de jaarlasten door te isoleren naar 50-graden-ready, gemiddeld naar bouwperiode

A scenic view of a Dutch canal. On the left, a multi-story brick building with a red-tiled roof and numerous windows. In the foreground, a white boat with the name 'Corsiva 475' is docked. A person is sitting on a bench near the water, and another person is standing nearby. A large tree with yellowing leaves is on the right. The sky is blue with some clouds.

# Bijlagen

---

## **Bijlage I. Kostenvergelijking standaard en biobased bouwmaterialen**

Zie bijgevoegde separate bestanden.