

Fred.

Di: 770520



Infrastructuur, gebouwen, milieu, communications

**ENERGIEVISIE A9 GAASPERDAMMERWEG
AMSTERDAM ZUID-OOST**

RIJKSWATERSTAAT

DIENTSKRING AMSTERDAM

10 juni 2002

140231/BM2026/000138

definitief

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	8
1.1 Doelstelling	8
1.2 Beoordelingscriteria	9
1.2.1 Energie	9
1.2.2 Kosten	9
1.2.3 Flexibiliteit	9
1.3 Locatiebeschrijving	10
1.4 Leeswijzer	10
2 Beleid en belangen	11
2.1 Inleiding	11
2.2 Betrokken partijen	11
2.3 Beleid en belangen	11
2.3.1 Gemeente Amsterdam	11
2.3.2 Provincie Noord-Holland	12
2.3.3 RWS	13
2.3.4 Projectontwikkelaars	13
2.3.5 AMC	13
2.3.6 Woningbouwvereniging Holendrecht en Patrimonium	13
3 Technische aspecten	15
3.1 Gebouwde omgeving	15
3.2 Energie opslagsysteem	17
3.3 Wegcollectoren	17
4 Financieel economische beschouwingen	20
4.1 Algemeen	20
4.2 beschouwde referenties en varianten	21
4.3 resultaten	21
4.3.1 Referentie 1.1 voor nieuwbouw en laag isolatieniveau	22
4.3.2 Referentie 1.1 voor nieuwbouw en hoog isolatieniveau	23
4.3.3 Referentie 1.1 voor renovatie en laag isolatieniveau	24
4.3.4 Referentie 1.1 voor renovatie en hoog isolatieniveau	25
4.3.5 Investerings nieuwbouwsituatie	26
4.3.6 Terugverdiertijden nieuwbouw	27
4.3.7 Investerings renovatie	28
4.3.8 terugverdiertijden renovatie	29
4.4 Kostenbesparingen wegbeheer	29
5 Energie en milieu prestatie	30
5.1 Algemeen	30

5.2	Referentie 1.1 voor laag isolatieniveau	30
5.2.1	Nieuwbouw	30
5.2.2	Renovatie	31
5.2.3	EPC	32
5.3	Referentie 1.1 voor hoog isolatieniveau	32
5.3.1	Nieuwbouw	32
5.3.2	renovatie	33
5.3.3	epc	34
5.4	CO ₂ -reductie en Primaire energie besparing	34
6	Conclusies en Aanbevelingen	36
6.1	Conclusies	36
6.2	Aanbevelingen	38

Colofon

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland
Dienstkring Amsterdam

Opgesteld

drs. N.C. Warmenhoven
Ing. E.H.J. Voncken

Gecontroleerd

Ir. H. Schmitz

Vrijgegeven:

Ir. M. van der Sloot

Status

Definitief

Management samenvatting

Steeds vaker wordt bij grote, maar ook bij kleinere projecten gekeken naar de mogelijkheden van **duurzaam bouwen**. Dit betekent onder andere het zuinig omgaan met materialen en energie.

De A9 (Gaasperdammerweg) in Amsterdam Zuidoost is aan groot onderhoud toe. Tevens krijgt Amsterdam Zuidoost in de nabije toekomst een grote facelift. Er zal een grootschalige stedelijke herontwikkeling plaatsvinden. Hierbij is het de moeite waard te bezien of er mogelijkheden zijn voor het winnen van **duurzame energie middels een wegcollector in de A9**.

Naast het primaire doel: "warmtelevering aan gebouwen", kan het systeem ook gedurende de vorstperiode het **wegdek "verwarmen"**, waardoor dit ijsvrij gehouden kan worden en (preventief) strooien ten behoeve van gladheidbestrijding overbodig wordt.

Door gebruik te maken van zonnewarmte als energiebron wordt het gebruik van fossiele brandstoffen gereduceerd en daarmee de uitstoot van CO₂.

Inde onderhavige studie zijn de volgende uitgangspunten en energieconcepten gehanteerd:

- In kaart brengen van de volledige warmteketen.
- Vier isolatieniveaus, A (laag) tot en met D (hoog).
- Eenzelfde kwaliteit van de warmwatervoorziening en het binnenmilieu in de appartementen.
- Stadsverwarming en individuele keteltjes als referentie installaties.
- Een collectieve warmtepomp, individuele warmtepompen en thermische activering van de betonkernen als duurzame varianten 1, 2 en 3.
- Warmteproductie via wegcollectoren in combinatie met aquifers inzake zogenaamde "all electrical solutions" (en dus geen gasgestookt WKK vermogen, thermisch actieve zonnecollectoren en (vooralsnog) biomassa installaties).
- Vooralsnog zijn alleen duurzame energieconcepten onderzocht en zijn in de studie nog geen autarkische systemen verdisconteerd. Uiteindelijk zijn de duurzame energieconcepten met wegcollectoren via aanvullende gebouwgebonden windturbines en fotovoltaische zonnecellen vrij eenvoudig uitbreidbaar tot autarkische energiesystemen.

Het concept van de winning van duurzame energie past uitstekend binnen het beleid van zowel de **provincie Noord-Holland**, **Rijkswaterstaat** als de **gemeente Amsterdam**, in het bijzonder het **stadsdeel Zuidoost**. Zeer nadrukkelijk wordt in de verschillende beleidsdocumenten gesproken over het stimuleren van toepassing van duurzame energie. Met name voor de woningbouwverenigingen is afname van duurzame energie interessant. Hierbij speelt de planfase waarin de nieuwbouw en bestaande bouw zich bevindt een rol. Eventuele benodigde bouwkundige aanpassingen kunnen nog in de plannen meegenomen worden.

Op grond van de uitgevoerde berekeningsuitgangspunten en berekeningsresultaten kan worden geconcludeerd:

- Het minst duurzame systeem betreft referentiesysteem 2; individuele HR-ketels per appartement. Het hoogste primaire energiegebruik en de hoogste kooldioxide-emissies (zie hiertoe paragraaf 5.4 en bijlage 7).
- Een duidelijk onderscheidt moet worden gemaakt ten aanzien van nieuwbouw en renovatie van bestaande bouw. In het geval van nieuwbouw moet bij referentie-installatie 1, zijnde stadsverwarming nog het lokale warmtedistributienet worden aangelegd en bij referentie-installatie 2, zijnde individuele ketels per appartement nog het lokale gasdistributienet. In het geval van renovatie van de bestaande bouw zijn het warmtedistributienet en het gasnet reeds voorhanden, waardoor in deze situatie een ongunstigere terugverdientijd optreedt ten aanzien van de varianten.
- Het bedrijfseconomisch meest interessante installatieconcept betreft variant 1. Een wegcollector met per appartementencomplex een aquifersysteem en een collectieve elektrische warmtepomp, radiatorenverwarming, ventilatiesysteem met HR-WTW en indirect gestookte warmwaterboilers, voorzien van isolatieniveau D. In het geval van nieuwbouw bezit dit installatieconcept een terugverdientijd van 6 [jaar] ten opzichte van referentie-installatie 1 (stadsverwarming) en van 10 [jaar] ten opzichte van referentie-installatie 2 (individuele HR-ketels).
Bij renovatieprojecten nemen deze terugverdientijden toe naar 13 [jaar] respectievelijk 15 [jaar].
- Overeenkomstig paragraaf 2.3.6 wordt een EP-waarde van 0,85 vooropgesteld waarbij in het geval van nieuwbouw hierop nog een verbetering van 0,20 wordt nagestreefd. Dat wil zeggen een maximale EP-coëfficiënt van 0,65 conform de voorlopige EPN-berekeningen zijn deze alleen realiseerbaar met de energieconcepten volgens variant 1 en variant 3 zijde:
 - Een wegcollector met collectieve EWP of
 - Een wegcollector met thermische activering van de betonkernen.

Variant 3 valt vooralsnog af vanwege de slechte bedrijfseconomische performance.

- De CO₂-emissie en de primaire energiegebruiken inzake het stadsverwarmingsnet zijn berekend op basis van de zogenaamde "bijstookfactor". Deze bijstookfactor geeft de extra energietoevoer nodig in een STEG-installatie om op adequate wijze te kunnen voorzien in de warmtelevering aan de gebouwde omgeving. Door hier gebruik van te maken lijkt stadsverwarming duurzamer dan wegcollectoren, doch zoals de EPN-berekeningen dit aangeven is dit niet het geval. Bij handhaving van stadsverwarming zal Amsterdam zuidoost nooit op een autarkische wijze in de benodigde energie kunnen voorzien van ruimteverwarming en koeling.

Zoals aangegeven in paragraaf 3.3 zal de verharding indien uitgevoerd als wegcollector de volgende voordelen bieden voor de wegbeheerder:

- voorkomen spoorvorming;
- niet hoeven strooien met dooizouten in de winter;
- verminderen scheurvorming en rafeling;
- vergroten verkeersveiligheid.

De reductie op de beheerkosten van de wegconstructie op basis van vermeden onderhoud en levensduurverlenging kan worden gekapitaliseerd op circa €1,0 á €2,0 per m² wegoppervlak per jaar, afhankelijk van het type weg en gebruik.

Dit zou voor de A9 een besparing op jaarbasis betekenen van circa €150.000,-.

Het verdient aanbeveling de varianten 1.1 en 1.2 nader uit te werken omdat zij het meest duurzaam flexibel en bedrijfseconomisch voordelig zijn. Naast de duurzaamheidsaspecten moeten dan ook de autarkische aspecten worden betrokken, zoals gebouwgebonden windturbines en biomassa toepassingen. De biomassa vrijkomende uit het bermbeheer wordt dan in de plannen ingebracht

Met betrekking tot het vervolgtraject adviseren wij de volgende stappen:

- besluitvorming go/ no go m.b.t. uitwerking project voor variant 1.1 en/of 1.2.
- bij go-besluit opstellen en sluiten intentieovereenkomst tussen woningbouwverenigingen en RWS
- uitvoeren haalbaarheidsstudie voor variant 1.1 en/of 1.2, waarin aspecten aan bod komen als organisatie, juridische aspecten, risico's & verantwoordelijkheden, financieringsmodel, nadere technische uitwerking
- parallel kan een verdere optimalisatie plaatsvinden van de gebouwinstallaties en bouwkundige aspecten
- besluitvorming go/ no go m.b.t. realisatie project
- opstellen overeenkomsten tussen stakeholders
- voorbereidingen realisatie project

HOOFDSTUK 1 Inleiding

Steeds vaker wordt bij grote, maar ook bij kleinere projecten gekeken naar de mogelijkheden van duurzaam bouwen. Dit betekent onder andere het zuinig omgaan met materialen en energie.

De A9 (Gaasperdammerweg) in Amsterdam Zuidoost is aan groot onderhoud toe. Tevens krijgt Amsterdam Zuidoost in de nabije toekomst een grote facelift. Er zal een grootschalige stedelijke herontwikkeling plaatsvinden. Hierbij is het de moeite waard te bezien of er mogelijkheden zijn voor het winnen van duurzame energie middels een wegcollector in de A9. Hierbij wordt thermische energie uitgewisseld tussen collectoren in een wegdek en woningen of gebouwen in de nabije omgeving, waarbij een bronnensysteem als energiebuffer wordt gebruikt. De genoemde duurzame energie wordt gewonnen uit de wegverharding, opgewarmd door de zon. Warmteonttrekking uit het wegdek in de zomer heeft ook een gunstig effect op de spoorvorming van een asfaltverharding aangezien de stijging van de asfalttemperatuur beperkt blijft.

Naast het primaire doel: “warmtelevering aan gebouwen”, kan het systeem ook gedurende de vorstperiode het wegdek “verwarmen”, waardoor dit ijsvrij gehouden kan worden en (preventief) strooien ten behoeve van gladheidbestrijding overbodig wordt.

Door gebruik te maken van zonnewarmte als energiebron wordt het gebruik van fossiele brandstoffen gereduceerd en daarmee de uitstoot van CO₂.

In het voorliggende document zijn de resultaten verzameld van een eerste verkenning naar een mogelijke inpassing van deze vorm van duurzame energiewinning. Hierbij is gekeken naar het beleid en de belangen van betrokken partijen in het betreffende gebied. Daarnaast is een voorlopige berekening uitgevoerd van de mogelijke energievraag van de nieuwbouwwoningen en bestaande renovatiewoningen in het gebied. Ook is gekeken naar (meer)kosten voor aanleg van het systeem ten opzichte van een tweetal referentiesituaties.

De resultaten van deze verkenning geven antwoord op de vraag of het zinvol is nader onderzoek in de vorm van een haalbaarheidsstudie te doen naar de kansen van duurzame energie in het betreffende gebied.

1.1

DOELSTELLING

In deze verkenning zal een beschrijving worden gegeven van de verschillende betrokken partijen en hun beleid en belangen ten aanzien van duurzame energie.

Er wordt een beschrijving gegeven van mogelijke varianten die voor een dergelijke vorm van duurzame energievoorziening in aanmerking komen. Verder zal er voor de verschillende varianten een inschatting van de energievraag ten behoeve van warmtelevering en een inschatting van de capaciteit van de wegcollector worden gegeven.

1.2

BEOORDELINGSCRITEIA

Voor het beoordelen van de verschillende varianten kunnen de volgende criteria worden gehanteerd:

- Energie:
 - Reductie primair energieverbruik;
 - Reductie CO₂-emissie;
- Kosten;
- Flexibiliteit.

Deze aspecten worden in de onderstaande paragrafen nader toegelicht. De besparingenpercentages worden berekend ten opzichte van het totale gebruik aan gas en elektriciteit ten behoeve van verwarming en koeling van ruimten, verlichting en apparatuur in een referentiesituatie.

1.2.1

ENERGIE

Reductie primair energieverbruik

De vermeden primaire energie is gelijk aan de energie-inhoud van de vermeden aardgasnet of van de brandstofinzet die anders nodig zou zijn om de elektriciteit op te wekken in een elektriciteitscentrale. Door met deze eenheden te rekenen is het mogelijk het vermeden gasverbruik en elektriciteitsgebruik te sommeren.

De gegevens zijn in dit stadium niet in detail bekend. De reductie op het primair energieverbruik voor met name de warmte- en koudevoorzieningen wordt indicatief berekend.

Reductie CO₂-emissie

Op dezelfde wijze als bij de besparing op primair energieverbruik wordt op basis van realistische uitgangspunten een reductie op de CO₂-emissie vastgesteld.

1.2.2

KOSTEN

De berekening van de kosten voor de concepten beschouwt zowel de investerings- als de exploitatiekosten, op basis van kengetallen aangevuld met informatie van leveranciers.

1.2.3

FLEXIBILITEIT

Niet altijd kan of hoeft een ambitieniveau direct te worden gerealiseerd. Een belangrijk criterium voor de energievoorziening is de flexibiliteit.

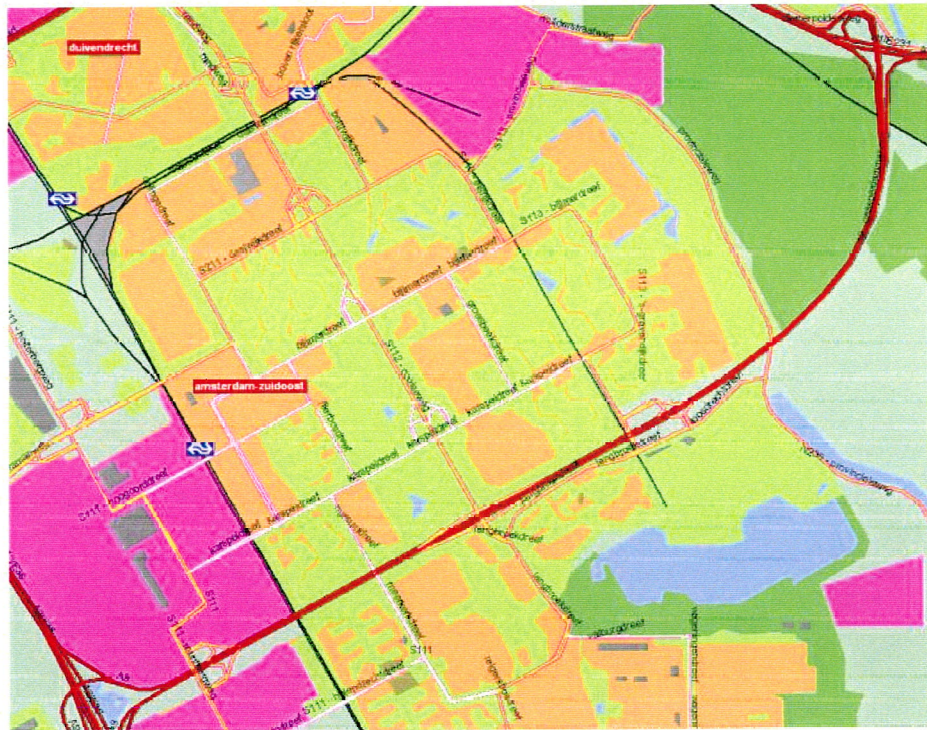
Daarnaast veranderen de wettelijke eisen ten aanzien van energiebesparingen en liggen de kosten op de energiemarkt niet vast. Het is van belang dat de energievoorziening op de locatie en de bijbehorende beheersstructuur kan aansluiten op deze dynamiek.

Duurzaamheid betekent ook dat de locatie blijvend concurrerende voordelen biedt voor de wegbeheerder, woningbouwverenigingen en bewoners.

Voorkomen dient te worden dat keuzes die nu worden gemaakt het verwezenlijken van hogere ambitieniveaus in de toekomst in de weg staan. De uitdaging is: hoe kan nu worden geanticipeerd op de onbekende dynamiek van maatschappelijke en technologische ontwikkeling.

1.3

LOCATIEBESCHRIJVING



De A9 is gelegen in Amsterdam Zuidoost en verbindt de A1 met de A2. Deze weg is toe aan groot onderhoud. Ten zuiden en noorden van de weg zijn grootschalige woningbouwgebieden. Ten noorden van de weg is dit de wijk Bijlmermeer, ten zuiden de wijk Gaasperdam. Deze wijken bestaan voor een groot gedeelte uit hoogbouw. Een gedeelte van deze hoogbouw zal worden gesloopt en zal plaatsmaken voor laagbouw en eengezinswoningen.

1.4

LEESWIJZER

Na de inleiding van hoofdstuk 1, wordt in hoofdstuk 2 het beleid en de belangen van de verschillende stakeholders in het gebied weergegeven. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de technische aspecten. Hoofdstuk 4 laat de financieel-economische beschouwingen zien, waarna in hoofdstuk 5 de energie en milieuprestatie wordt belicht. In hoofdstuk 6 worden de conclusies getrokken en de aanbevelingen gedaan.

HOOFDSTUK

2

Beleid en belangen

2.1**INLEIDING**

Alvorens de eventuele haalbaarheid te toetsen van de mogelijkheden voor duurzame energiewinning, wordt een verkenning uitgevoerd naar het beleid en de belangen van de verschillende betrokken partijen in het betreffende gebied.

Dit hoofdstuk zal inzicht verschaffen in de verschillende betrokken partijen en hun beleid en belangen ten aanzien van duurzame energie.

2.2**BETROKKEN PARTIJEN**

De volgende partijen betrokken bij ontwikkelingen in het gebied Amsterdam Zuidoost:

- Gemeente Amsterdam
- Provincie Noord-Holland
- Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland
- Projectontwikkelaars
- Academisch Medisch Centrum Amsterdam
- Woningbouwvereniging Holendrecht
- Woningbouwvereniging Patrimonium

2.3**BELEID EN BELANGEN**

Allereerst zal aangegeven worden wat het beleid is van de gemeente Amsterdam, in het bijzonder het stadsdeel Zuidoost. Vervolgens zullen de ambities van de provincie Noord-Holland beschreven worden. Rijkswaterstaat blijkt ook heel nadrukkelijk met duurzaam bouwen en duurzame energie bezig te zijn. De woningbouwverenigingen Holendrecht en Patrimonium, het AMC en de Projectontwikkelaars blijken verschillende mate van interesse te vertonen voor duurzame energie.

In onderstaande paragrafen zal van alle partijen worden aangegeven wat het beleid is en waarin dit verwoord staat.

2.3.1**GEMEENTE AMSTERDAM**

Het gemeentelijk milieubeleid staat verwoord in het "*milieubeleidsplan 2000-2003*" [literatuur 1]. Daarin staan ook de ambities ten aanzien van duurzaam bouwen en duurzame energie. Streefwaarde ten aanzien van de CO₂ emissie in Amsterdam is allereerst een stabilisatie van de uitstoot in 2004 en vervolgens een emissiereductie van 5 [%] in 2010.

De doelstellingen van het stadsdeel Zuidoost op het gebied van Duurzame Energie en Duurzaam Bouwen staan verwoord in de "*Energievisie Vernieuwing Bijlmermeer*" [literatuur

2], in de “Duurzame Energie scan Zuidoost” [literatuur 3] en in de “Taakstelling Duurzame Stedelijke Ontwikkeling voor de vernieuwing van de Bijlmermeer” [literatuur 4].

Er wordt gestreefd naar een vermindering van het totale energieverbruik met 25 [%].

Voor nieuwbouw zal nog een EPC nieuwbouw geformuleerd worden.

Uitgangspunt voor nieuwe energiesystemen is dat de kosten voor energie van bewoners gelijk moeten blijven. Wel zal geanticipeerd worden op duurzame energie en worden energie besparingsdoelstellingen geformuleerd voor grote utiliteitsprojecten.

- Eventuele stimuleringsmiddelen voor het toepassen van duurzame energie zijn:
- De gemeentelijke subsidie bestaande bouw (EP+),
- Het energiefonds (inmiddels uitgeput) en
- De verruimde reikwijdte Wm.

Ook worden subsidies ingezet van:

- Het Rijk,
- De Provincie,
- De gemeente Amsterdam,
- De Novem,
- Het IPSV,
- Het ISV,
- URBAN en
- UNA.

Nog onbekend is of er een programma van eisen, EPL is opgesteld voor de inrichting van de gebieden die in deze studie als potentiële afzetgebieden gelden.

Gewerkt wordt aan de voorbereidingen voor het opstellen van een Klimaatconvenant op stadsdeelniveau.

2.3.2

PROVINCIE NOORD-HOLLAND

De provincie Noord-Holland staat positief tegenover duurzaam bouwen en duurzame energie. Het provinciaal milieubeleid is vastgelegd in het provinciaal milieuplan. Dit plan is nog niet definitief vastgesteld, maar ligt nog ter inzage. Ook is er een energienota opgesteld in februari 2001.

In de beleidsplannen wordt een aantal doelstellingen verwoord ten aanzien van (duurzame) energie. Er wordt gestreefd naar een reductie van de CO₂ emissie met 2 [megaton] in 2005. Daarnaast is het streven om in 2005 2,5 [%] van de totale energievraag duurzaam op te wekken.

De provincie Noord-Holland heeft een bedrag van 30 mln. [euro] aan subsidies beschikbaar gesteld voor duurzame energie tot 2005. Deze subsidies worden toegekend aan 3 categorieën projecten:

1. grote projecten waar een CO₂ reductie optreedt,
2. middelgrote innovatieve projecten en
3. kleinschalige projecten (op schaalniveau van woningbouw bijvoorbeeld).

Het “CO₂ servicepunt” is verstrekker van de subsidies.

2.3.3

RWS

Rijkswaterstaat is een voorstander van duurzaam bouwen. Bij elk groot project wordt onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van duurzaam bouwen. Voordat wordt gestart met het onderhoud aan de A9 gestart, wordt middels dit onderzoek ook gekeken naar de duurzame energieopwekking. De onderhoudswerkzaamheden staan gepland voor 2003. Een van de mogelijkheden is de aanleg van zonnecollectoren in de weg. Het gedeelte van de A9 dat daarvoor in aanmerking komt, heeft een oppervlakte van ca. 150.000 [m²]. De planvorming rond de A9 bevindt zich in een voorbereidende fase. Op 11 juli wordt de definitieve fase afgerond.

Uitgangspunt met betrekking tot exploitatie van asfaltcollectoren m.b.t. investeringen, exploitatie, onderhoud, energieafname en energieleverantie en te verstrekken garanties (verantwoordelijkheden) is voor RWS dat ze geen energieleverancier is. Hiertoe dient uitvoerig overleg te worden gevoerd.

2.3.4

PROJECTONTWIKKELAARS

Na telefonisch overleg met een tweetal projectontwikkelaars is gebleken dat zij in deze fase in hun projecten geen mogelijkheden zien voor afname van duurzame energie.

2.3.5

AMC

Het AMC heeft aangegeven alleen hoge temperatuurverwarming te hebben en olie te stoken. Voor afname van duurzame energie uit een wegcollector in A9 zien zij op dit moment geen directe mogelijkheden.

2.3.6

WONINGBOUWVERENIGING HOLENDRECHT EN PATRIMONIUM

Woningbouwvereniging Holendrecht geeft aan dat geen duurzame energie afgenomen kan worden in bestaande bouw. In de nieuwbouw is dit wellicht wel mogelijk, maar over de nieuwbouw is de woningbouwvereniging nog in een onderhandelingspositie met de gemeente. Aangenomen zou kunnen worden dat er 1000 nieuwbouwwoningen gerealiseerd zullen worden.

De planning voor de uitvoering van de renovatie en nieuwbouwwoningen is om in 2002 te starten en af te ronden in 2012.

Er is een werkprogramma "*Vernieuwing Bijlmermeer*" [literatuur 5] verschenen, daarin staan ook de plannen van Patrimonium verwoord. Er zijn plannen voor de bouw van 3300 nieuwe woningen in de Bijlmermeer.

Voor de nieuwbouwwoningen is de Energie Prestatie Coëfficiënt de landelijke norm van 1,0. Een EPC van 0,85 is de streefwaarde.

Voor nieuwe utiliteitsbouw wordt een verbetering van de energiestaat van een project met EPC 0,2 punt ten opzichte van het Bouwbesluit nagestreefd.

Voor het nieuw te bouwen stadsdeelkantoor is een ambitie geformuleerd met een EPC van 1,0.

Voor de commerciële gebouwen zijn energiemaatregelen met een terugverdientijd van 7 [jaar] acceptabel.

Voor de renovatie van hoogbouwflats wordt gestreefd naar een energiebesparing van minimaal 20 [%] via bouwkundige verbeteringen, aanpassingen aan installaties (verwarming, water en verlichting) en via individuele bemetering. Gepoogd wordt de resterende flats geschikt te maken voor midden temperatuurverwarming. Zowel bij renovatie als bij nieuwbouw wordt een ventilatieplan opgesteld, zodat isolatie, ventilatie, warmtevraag en koudevraag integraal worden benaderd.

Ketelhuizen en installaties blijven in beheer bij de verhuurder om op een geliberaliseerde energiemarkt sterker te staan.

HOOFDSTUK

3

Technische aspecten

3.1

GEBOUWDE OMGEVING

In de onderhavige energievisie vormen de uitgangspunten:

- eenzelfde GOEDE KWALITEIT WARMWATERVOORZIENING (qua gezondheid en thermische behaaglijkheid) en
- eenzelfde GOEDE KWALITEIT BINNENMILIEU (ook weer qua gezondheid en thermische behaaglijkheid)

tussen de diverse energieconcepten het gezichtsbepalende item.

Voor de studie impliceerden deze beide uitgangspunten dat:

- In alle gevallen gekozen is voor een warmwatervoorziening middels de toepassing van individuele indirect gestookte 120 liter warmwaterboilers per appartement. Collectieve warmwatersystemen met recirculatieleidingen inzake een volledig appartementencomplex of een warmwatervoorziening per appartement via individuele combi-HR-ketels met een beperkte boilerinhoud van 25 liter zijn dan ook niet in deze studie verdisconteerd.
- In alle gevallen gekozen is voor een individuele gebalanceerde mechanische ventilatie installatie met HR-WTW per appartement. Ook hier zijn met name uit gezondheidsoverwegingen geen collectieve systemen per appartementencomplex voorzien. Verder is het zo dat binnen dit marktsegment ook interessante innovaties gaande zijn met bijvoorbeeld per radiator een kleine individuele HR warmtewisselaar.
- In alle gevallen met radiatoren gekozen is voor lage temperatuur radiatoren. Deze radiatoren zijn gedimensioneerd op een ontwerp temperatuur van 50 / 40 [graden Celsius], zo ook bij de toepassing van individuele gasketeltjes per appartement alsook bij de toepassing van stadsverwarming. In deze beide genoemde gevallen is het zeer wel mogelijk zogenaamde hoge temperatuur radiatoren, in plaats van de nu 'geïnstalleerde' lage temperatuur radiatoren, toe te passen, doch dit leidt tot thermische behaaglijkheidsproblemen in de appartementen. Naast radiatoren zijn ook vloerverwarmingssystemen in het onderzoek verdisconteerd.

ARCADIS is de mening toegedaan (op grond van opgedane ervaring en onderzochte energiesystemen) dat de weg naar betaalbare duurzame en zo mogelijk autarkische energiesystemen in de gebouwde omgeving loopt via zogenaamde 'all electrical solutions'. Voor de woningbouw impliceert dit een duurzame verlaging van de warmtevraag via wegcollectoren. Ten opzichte van andere duurzame energieconcepten, zoals biomassavergisting / vergassing / verbranding gekoppeld aan warmtekracht koppelingen of 'gewone' gasturbine of gasmotor warmtekracht koppelingen dan wel thermisch actieve

zonnecollectoren bezitten wegcollector een tweetal fundamentele bedrijfseconomische voordelen.

- De wegcollector levert een bedrijfseconomische win-win situatie op namelijk de onderhoudskosten voor de wegbeheerder alsook de energiekosten voor gebouwbeheerder worden gelijktijdig gedrukt. 365 dagen per jaar worden de investeringen in de wegcollector benut. Bijvoorbeeld tijdens de zomer vermindering van de spoorvorming van de weg en tijdens de winter levering van zonnewarmte aan de gebouwde omgeving. In het geval van bijvoorbeeld WKK vermogen of stadsverwarming kunnen de investeringen geen 365 dagen per jaar worden benut, met name de levering van afvalwarmte tijdens de zomer levert hierbij problemen op, waardoor deze installaties seizoensmatig worden stilgelegd dan wel op deellast draaien.
- Verder is het zo dat (gebouw-)gebonden windturbines of fotovoltaische zonnecellen aanvullend zijn op wegcollectoren terwijl een combinatie van zonnecellen en windturbines met WKK vermogen of stadsverwarming elkaars bedrijfseconomische concurrenten zijn. Via de weg van “all electrical solutions” kan dit leiden tot betaalbare autarkie.

De bovenstaande overwegingen hebben geleid tot het onderzoeken van de volgende energieconcepten, waarbij vooralsnog alleen gekeken is naar warmtevoorziening (dus koeling van de appartementen is nog niet in het onderhavige onderzoek opgenomen, mede vanwege het ontbreken van een duidelijke huidige referentiesituatie bij woningbouw) en de voordelen die voortvloeien voor de wegbeheerder zijn ook nog niet in het onderzoek verdisconteerd.

- Referentiesituatie 1. Stadsverwarming per appartementencomplex.
- Referentiesituatie 2. Individuele HR keteltjes per appartement.
- Duurzame variant 1. Collectieve warmtepomp per appartementcomplex.
- Duurzame variant 2. Individuele warmtepompen per appartement.
- Duurzame variant 3. Thermische activering betonkernen.

ARCADIS is verder ook de mening toegedaan dat een optimalisering van de energievoorziening slechts op een integrale wijze te realiseren is. Dit betekent dat de volledige keten van de energievoorziening, in dit geval gaande van warmtevraag, via warmtedistributie naar warmteproductie, in beeld moet worden gebracht. Voor de onderhavige studie zijn hiertoe vier niveau's van isolatie in rekening gebracht om een wisselende warmtevraag te 'simuleren':

- Isolatie niveau A. Een isolatieniveau anno 2002.
- Isolatie niveau B. Een beter isolatieniveau dan anno 2002.
- Isolatie niveau C. Een isolatieniveau anno 2002 maar met HR-plus beglazing.
- Isolatie niveau D. Een beter isolatieniveau dan anno 2002 en zelfs met HR-plus beglazing.

In de studie is verder onderscheid gemaakt in:

- Bestaande bouw. Dit zijn bestaande appartementencomplexen die worden gerenoveerd maar waarbij de gas- en stadsverwarmingsaansluitingen reeds voorhanden zijn. Ten opzichte van de duurzame varianten hoeft dus bij de beide referentiesystemen niet meer te worden geïnvesteerd in de noodzakelijke aansluitingen.

- Nieuwbouw. Dit zijn nieuwe appartementencomplexen, waar bij de referentiesystemen wel nog moet worden geïnvesteerd in nieuwe gas- en stadsverwarmingsaansluitingen.

Samenvattend zijn in de onderhavige studie de volgende uitgangspunten en energieconcepten gehanteerd:

- In kaart brengen van de volledige warmteketen.
- Vier isolatieniveaus, A tot en met D.
- Eenzelfde kwaliteit van de warmwatervoorziening en het binnenmilieu in de appartementen.
- Stadsverwarming en individuele keteltjes als referentie installaties.
- Een collectieve warmtepomp, individuele warmtepompen en thermische activering van de betonkernen als duurzame varianten 1, 2 en 3.
- Warmteproductie via wegcollectoren in combinatie met aquifers inzake zogenaamde “all electrical solutions” (en dus geen gasgestookt WKK vermogen, thermisch actieve zonnecollectoren en (vooralsnog) biomassa installaties).
- Vooralsnog zijn alleen duurzame energieconcepten onderzocht en zijn in de studie nog geen autarkische systemen verdisconteerd. Uiteindelijk zijn de duurzame energieconcepten met wegcollectoren via aanvullende gebouwgebonden windturbines en fotovoltaische zonnecellen vrij eenvoudig uitbreidbaar tot autarkische energiesystemen.

3.2

ENERGIE OPSLAGSYSTEEM

Bij de duurzame energie varianten zijn per appartementencomplex bijbehorende monobron dan wel doubletbron aquifers geprojecteerd. Dit in verband met het nastreven van bouwflexibiliteit in de tijd gezien. Sec. rekening houdende met de totale investeringskosten zijn collectieve aquifersystemen, waarbij gebruik kan worden gemaakt van gelijktijdigheden, gunstiger dan niet collectieve systemen zoals nu in de onderhavige studie verdisconteerd. Een en ander is mede sterk afhankelijk van de uiteindelijke bouwplanning

3.3

WEGCOLLECTOREN

Doel van de toepassing van wegcollectoren is driedelig:

1. *warmtewinning*: door warmte uit het asfalt zomers op te slaan in een energieopslag is deze energie in de winter in te zetten voor de verwarming van gebouwen.;
2. *sneeuw- en ijzelvrij houden van het asfalt*: door in de winter tijdens kritieke uren de weg te verwarmen met warmte uit de energieopslag kan het wegooppervlak sneeuw- en ijzelvrij gehouden worden;
3. *Onderhoudsbeperking van het asfalt*: door het asfalt in de zomer te koelen met koude uit de energieopslag kan de temperatuur van het asfalt gereduceerd worden waardoor minder snel spoorvorming optreedt

Een verharding inrichten als wegcollector betekent dat er in of onder de wegconstructie een leidingenregister wordt aangebracht. Dit leidingenregister, gevuld met een medium als water of water/ antivriesmiddel, heeft de mogelijkheid de wegverharding in de zomerperiode te koelen en in de winterperiode te verwarmen.

Naast het wellicht niet meer te hoeven toepassen van dooizouten voor de sneeuw- en gladheidsbestrijding kan dit gunstige gevolgen voor de wegverhardingen hebben. Het koelen van de verhardingen in de zomerperiode vermindert de verweking van de

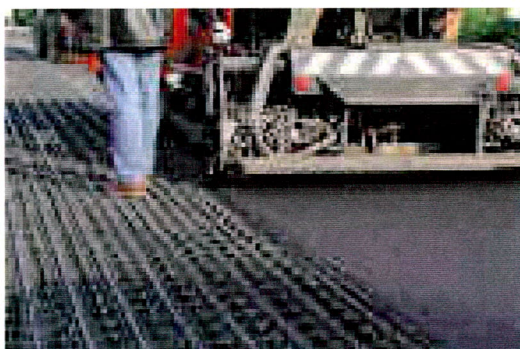
asfaltlagen door hoge temperaturen. Het verwarmen van het asfalt in de winter vermindert de scheurvorming en de schadelijke gevolgen van dooizouten. Tevens heeft het verminderen van de temperatuurgradiënt gunstige effecten op het constructieve gedrag. Door deze gunstige effecten kan wellicht het tussentijds onderhoud aan het asfalt worden verminderd, alsmede de levensduur van de constructie worden verlengd. Daarnaast verhoogt de toepassing van verwarming van het wegdek in de winter de verkeersveiligheid.

Een drietal systeemconfiguratie voor de wegcollector zijn op dit moment op de markt:

1. Een wegcollector, waarbij de wegconstructie is opgebouwd uit asfaltlagen en een betonlaag (gewapend of met staalvezels), waarin een buizenregister is opgenomen (Buizen in Beton, kortweg BIB); oftewel een wegcollector, waarbij de wegconstructie bestaat uit een cementbeton verharding (ongewapend of doorgaand gewapend) waarin een buizenregister is opgenomen.

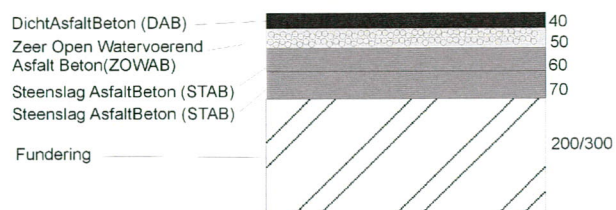


2. een wegcollector, waarbij de wegconstructie is opgebouwd uit asfaltlagen, waarin een buizenregister is opgenomen in een asfaltlaag (Buizen in Asfalt, kortweg BIA);



3. een wegcollector, waarbij de wegconstructie is opgebouwd uit asfaltlagen en een zeer open watervoerende asfalt betonlaag waardoorheen water wordt gepompt of gezogen (Water door Asfalt, kortweg WDA).

④ WDA (WaterDoor Asfalt)



Op basis van de gegeven situatie in dit project, de opgedane ervaringen met en het operationeel zijn van de verschillende systemen is vooralsnog gekozen voor wegcollector 1 of 2. In het vervolgtraject zal een definitieve keuze worden gemaakt.

HOOFDSTUK

4 Financieel economische beschouwingen

4.1

ALGEMEEN

Op grond van de berekende totale energievragen overeenkomstig zoals weergegeven in bijlage 6, zijn ten behoeve van de bepaling van de eenmalige investeringskosten en de jaarlijkse energiekosten de vraaggetallen vertaald in concrete innovatieve duurzame installatieconcepten overeenkomstig de in bijlage 3 opgenomen figuren.

De installatieconcepten volgens bijlage 3 zijn vertaald in eenmalige investeringskosten en jaarlijkse energiekosten (zie bijlage 7).

Bij de investeringskosten zijn alleen de systeemonderscheidende kosten in rekening gebracht, zodat het hier geen absolute investeringsbedragen betreft.

Bij de berekening van de financiële getallen zijn de eenheidsprijzen gehanteerd, welke in bijlage 3 zijn weergegeven.

Zoals uit de tabellen kan worden opgemaakt betreft het voornamelijk "overall" investeringskosten en energiekosten. Er heeft dus nog geen toewijzing plaats gevonden naar particuliere bedrijven, energiecontractors, de lokale overheden en wegbeheerders. Nadat een definitieve juridisch-organisatorische bedrijfsvorm is vastgesteld worden de individuele investeringskosten en energiekosten toegerekend aan de belanghebbenden.

De investeringskosten worden opgesplitst in 3 delen, te weten:

- De gebouw gebonden installaties en voorzieningen.
- De terrein gebonden installaties (aquifer & terrein transportleidingen).
- De wegcollector

In paragraaf 4.2 wordt schematisch weergegeven de referenties, varianten, isolatieniveau en situatie inclusief de codering.

In 4.3 worden de resultaten weergegeven van de financieel-economische beschouwingen. Grafisch zijn de resultaten weergegeven voor de referentiesituatie stadsverwarming met in de appartementen vloerverwarming. Deze referentie is vergeleken met de varianten eveneens gebaseerd op vloerverwarming. Gekeken wordt naar de berekeningsresultaten voor het laagste (niveau A) en hoogste isolatieniveau (niveau D) voor zowel nieuwbouw als voor renovatie. Een overzicht van alle referenties en varianten betreffende investeringen en terugverdientijden is in tabelvorm gepresenteerd. Een verdere onderbouwing kan worden teruggevonden in bijlage 7.

4.2

BESCHOUWDE REFERENTIES EN VARIANTEN

Tabel 4.1

Totaal overzicht van de beschouwde referenties en varianten

Productie	Conversie	Situatie gebouw	Isolatie niv.	Codering
Referentie				
stadsverwarming	vloerverwarming	Nieuwbouw	A t/m D	Ref 1.1
stadsverwarming	vloerverwarming	Renovatie	A t/m D	Ref 1.1
stadsverwarming	Radiatoren	nieuwbouw	A t/m D	Ref 1.2
stadsverwarming	radiatoren	renovatie	A t/m D	Ref 1.2
HR-ketels	vloerverwarming	Nieuwbouw	A t/m D	Ref 2.1
HR-ketels	vloerverwarming	Renovatie	A t/m D	Ref 2.1
HR-ketels	Radiatoren	nieuwbouw	A t/m D	Ref 2.2
HR-ketels	radiatoren	Renovatie	A t/m D	Ref 2.2
Varianten				
Centrale EWP	vloerverwarming	Nieuwbouw	A t/m D	var 1.1
Centrale EWP	vloerverwarming	Renovatie	A t/m D	var 1.1
Centrale EWP	Radiatoren	Nieuwbouw	A t/m D	var 1.2
Centrale EWP	Radiatoren	renovatie	A t/m D	var 1.2
Lokale EWP	vloerverwarming	Nieuwbouw	A t/m D	var 2.1
Lokale EWP	vloerverwarming	Renovatie	A t/m D	var 2.1
Lokale EWP	Radiatoren	Nieuwbouw	A t/m D	var 2.2
Lokale EWP	Radiatoren	renovatie	A t/m D	var 2.2
ZLTV direct uit bron	betonkernactivering	nieuwbouw	A t/m D	var 3.1

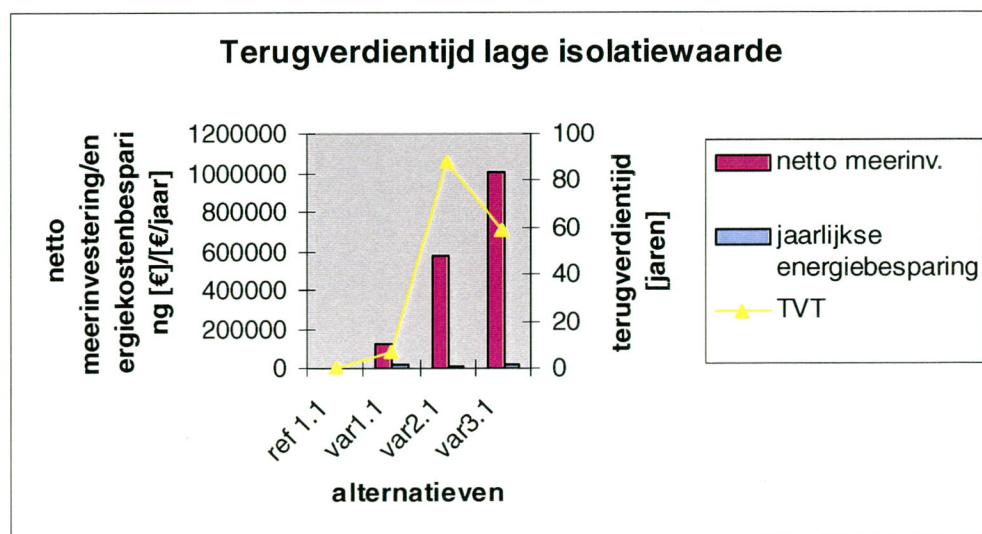
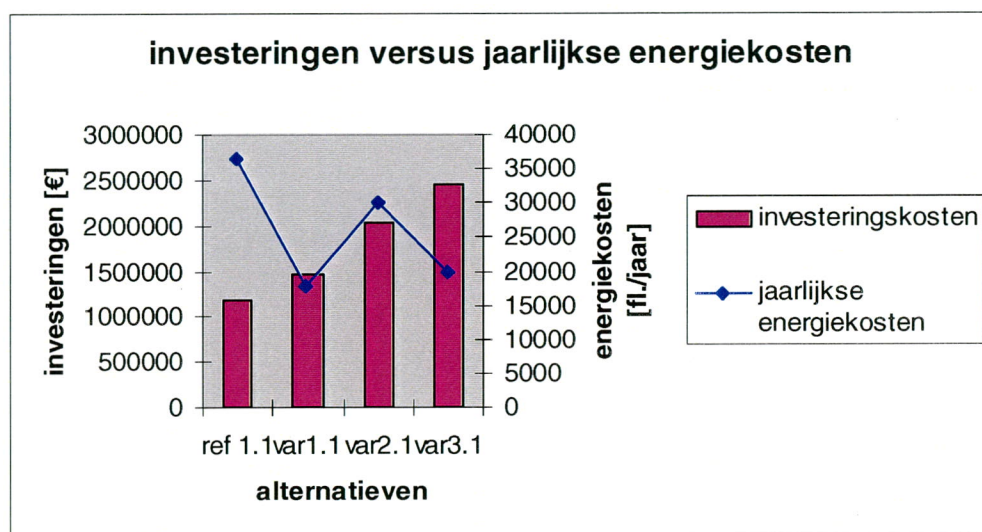
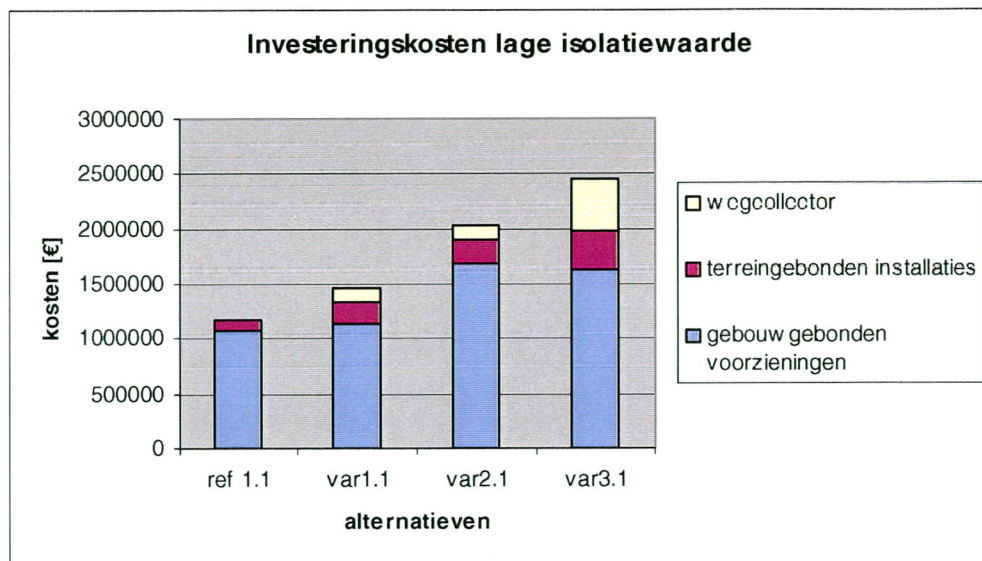
4.3

RESULTATEN.

In de volgende paragrafen zullen achtereenvolgend beschouwd worden voor referentie 1.1 (stadsverwarming met vloerverwarming) de resultaten voor de nieuwbouwsituatie met appartementen met een laag isolatieniveau en een hoog isolatieniveau, respectievelijk voor de renovatiesituatie met een laag en een hoog isoalatieniveau. De paragraaf wordt besloten met de resultaatstabellenoverzichten voor de verschilinvesteringen en terugverdientijden. In bijlage 7 zijn de resultaten gedetailleerd weergegeven.

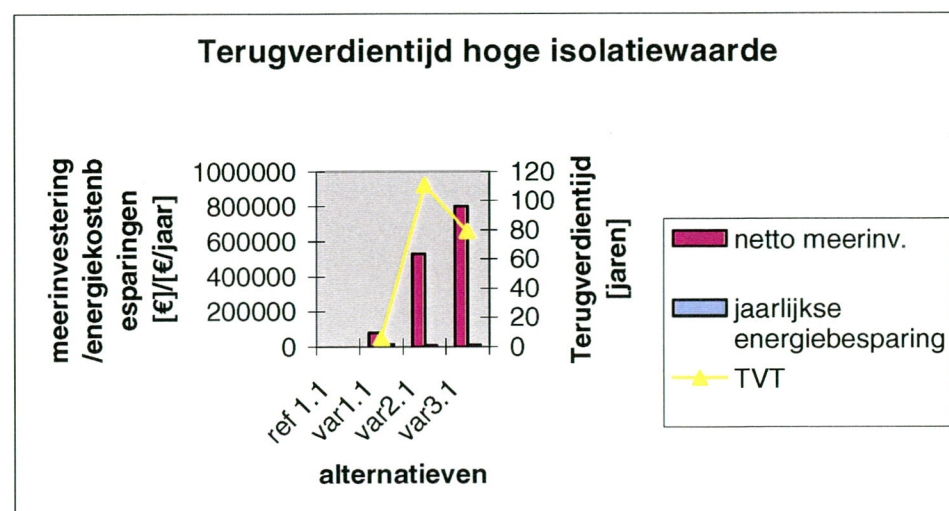
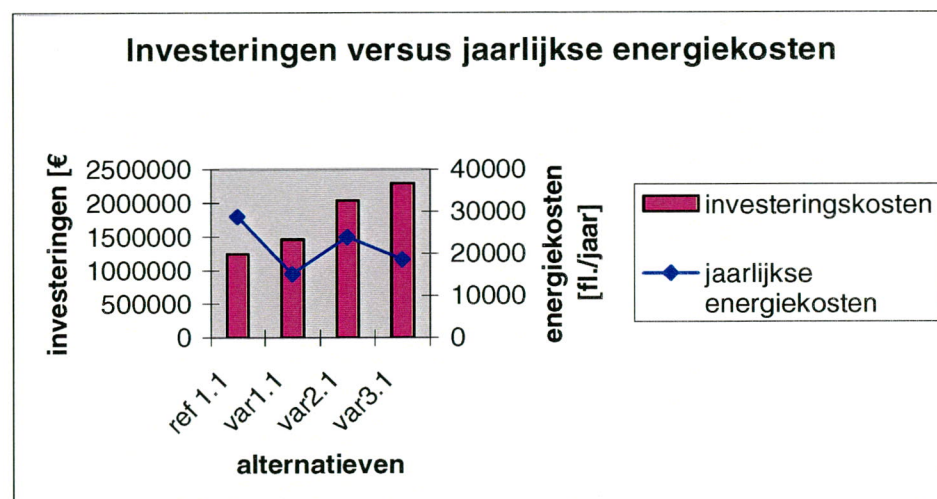
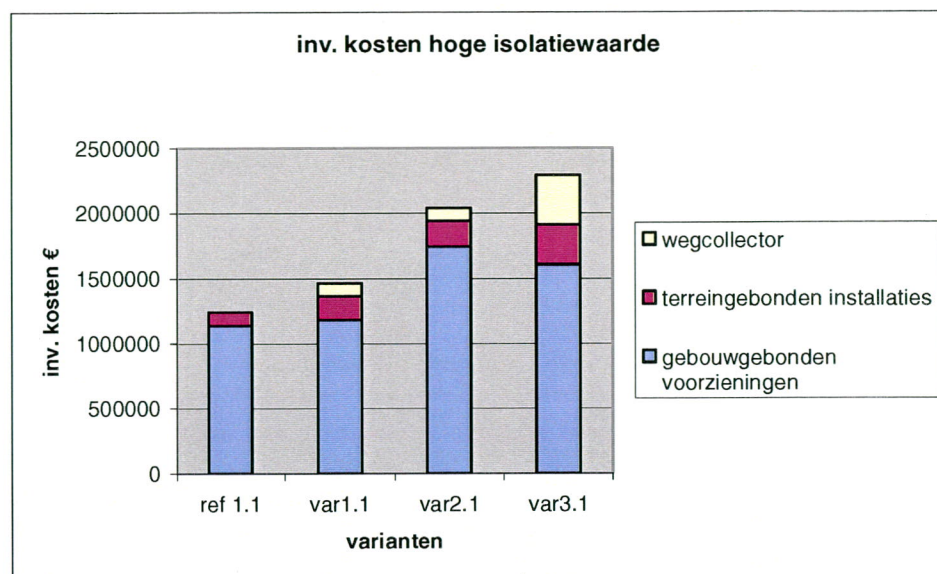
4.3.1

REFERENTIE 1.1 VOOR NIEUWBOUW EN LAAG ISOLATIE NIVEAU



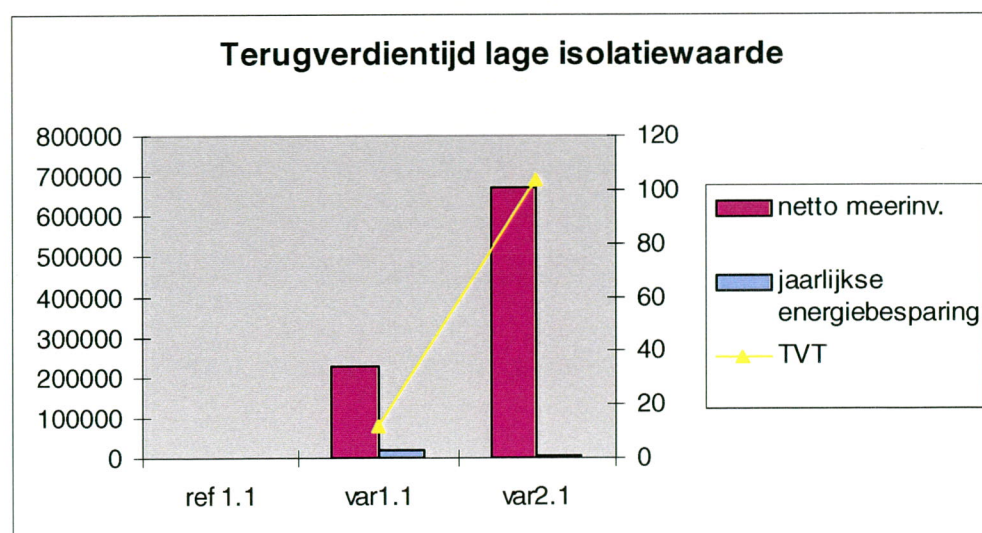
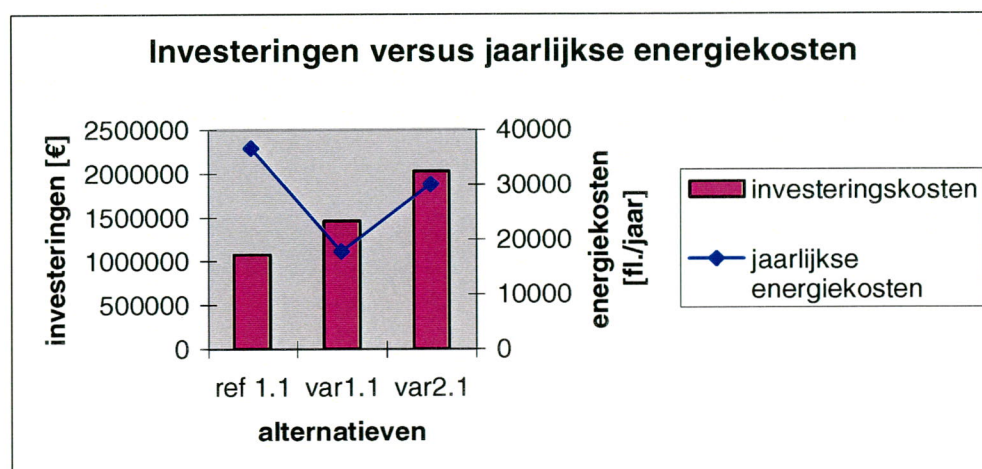
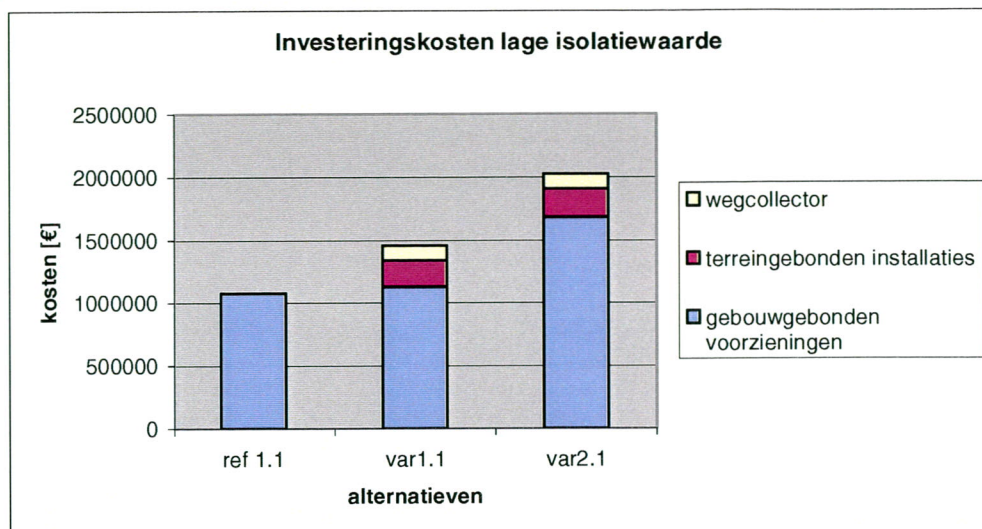
4.3.2

REFERENTIE 1.1 VOOR NIEUWBOUW EN HOOG ISOLATIE NIVEAU



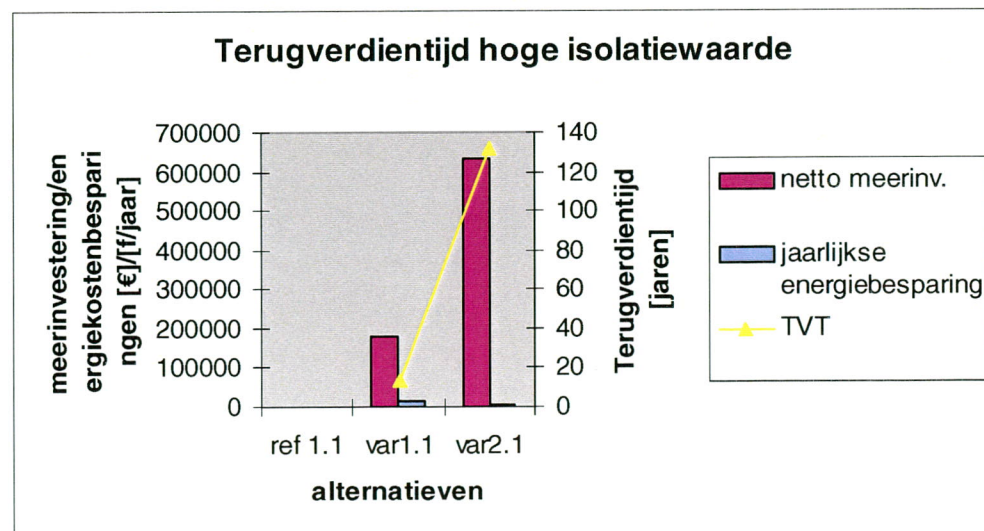
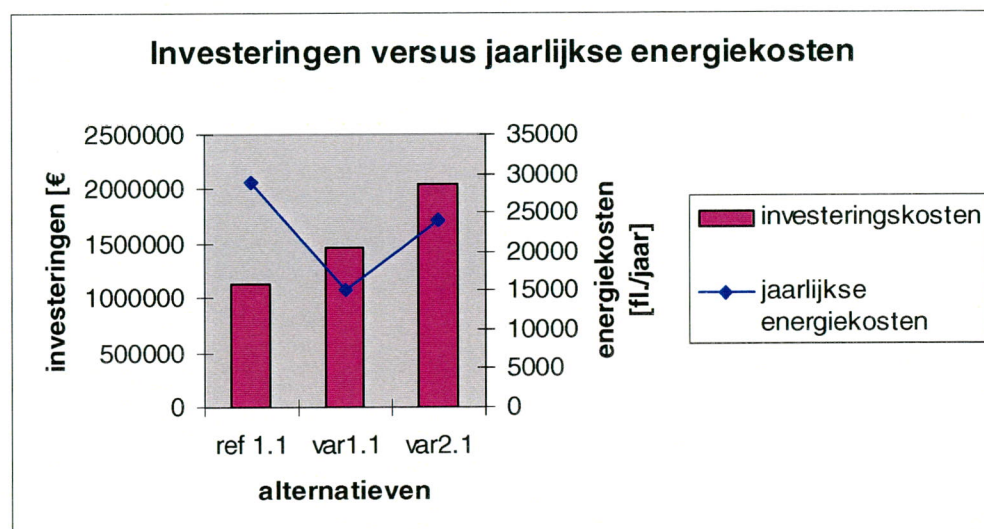
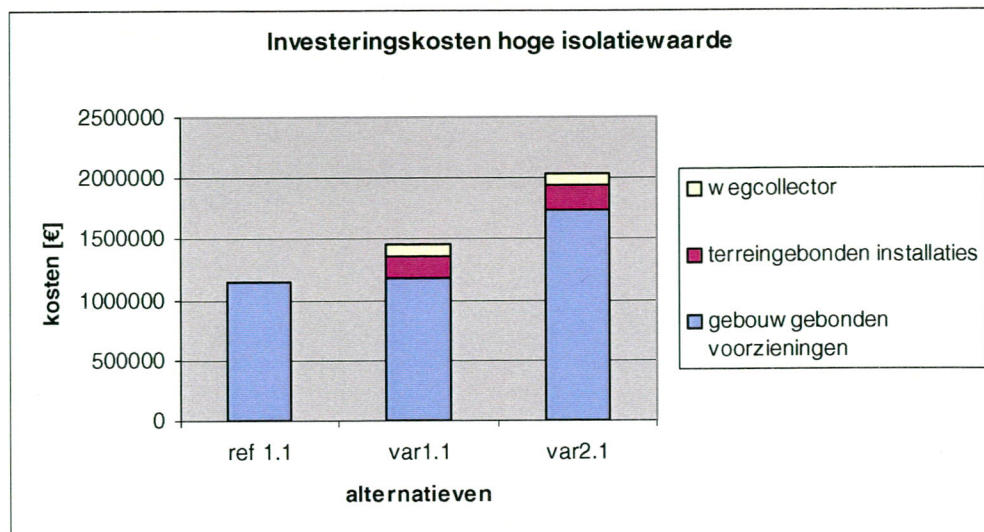
4.3.3

REFERENTIE 1.1 VOOR RENOVATIE EN LAAG ISOLATIE NIVEAU



4.3.4

REFERENTIE 1.1 VOOR RENOVATIE EN HOOG ISOLATIE NIVEAU



4.3.5

INVESTERINGEN NIEUWBOUWSITUATIE

Tabel 4.2

Totaal overzicht van de
investeringskosten per variant
(Nieuwbouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.1 (gebouwgebonden)	1.078.280	1.113.960	1.103.640	1.139.320
Referentie 1.1 (terreingebonden)	100.000	100.000	100.000	100.000
Aftrek van subsidies referentie 1.1	0	0	0	0
Referentie 1.1 (totaal)	1.178.280	1.213.960	1.203.640	1.239.320
Referentie 1.2 (gebouwgebonden)	767.525	788.331	770.526	793.178
Referentie 1.2 (terreingebonden)	100.000	100.000	100.000	100.000
Aftrek van subsidies referentie 1.2	0	0	0	0
Referentie 1.2 (totaal)	867.525	888.331	870.526	893.178
Referentie 2.1 (gebouwgebonden)	1.181.680	1.217.360	1.209.040	1.244.720
Referentie 2.1 (terreingebonden)	60.000	60.000	60.000	60.000
Aftrek van subsidies referentie 2.1	-138.000	-138.000	-138.000	-138.000
Referentie 2.1 (totaal)	1.103.680	1.139.360	1.131.040	1.166.720
Referentie 2.2 (gebouwgebonden)	870.925	891.731	875.926	898.578
Referentie 2.2 (terreingebonden)	60.000	60.000	60.000	60.000
Aftrek van subsidies referentie 2.2	-80.600	-78.000	-65.000	-74.000
Referentie 2.2 (totaal)	850.325	873.731	870.926	884.578
Variant 1.1 (gebouwgebonden)	1.127.280	1.162.960	1.144.640	1.180.320
Variant 1.1 (terreingebonden)	213.000	201.000	195.000	185.000
Variant 1.1 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 1.1	-152.500	-150.300	-147.300	-145.400
Variant 1.1 (totaal)	1.305.372	1.322.109	1.296.601	1.317.695
Variant 1.2 (gebouwgebonden)	816.525	837.331	811.526	834.178
Variant 1.2 (terreingebonden)	213.000	201.000	195.000	185.000
Variant 1.2 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 1.2	-95.100	-90.100	-85.800	-81.500
Variant 1.2 (totaal)	1.052.017	1.056.680	1.024.987	1.035.453
Variant 2.1 (gebouwgebonden)	1.683.580	1.718.960	1.710.640	1.745.820
Variant 2.1 (terreingebonden)	226.000	214.000	208.000	198.000
Variant 2.1 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 2.1	-275.700	-273.500	-272.400	-270.500
Variant 2.1 (totaal)	1.751.472	1.767.909	1.750.501	1.771.095
Variant 2.2 (gebouwgebonden)	1.372.825	1.393.331	1.377.526	1.399.678
Variant 2.2 (terreingebonden)	226.000	214.000	208.000	198.000
Variant 2.2 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 2.2	-218.200	-213.300	-210.800	-206.500
Variant 2.2 (totaal)	1.498.217	1.502.480	1.478.987	1.488.953
Variant 3.1 (gebouwgebonden)	1.625.610	1.627.350	1.602.980	1.607.770
Variant 3.1 (terreingebonden)	343.000	328.000	320.000	306.000
Variant 3.1 (wegcollector)	482.207	433.447	411.111	376.516
Aftrek van subsidies variant 3.1	-270.400	-261.500	-257.100	-248.800
Variant 3.1 (totaal)	2.180.417	2.127.297	2.076.991	2.041.486

4.3.6

TERUGVERDIENTTIJDEN NIEUWBOUW

TABEL 4.3

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 1.1 [a]
(vloerverw. / nieuwbouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.1 (meerinvestering)	127.092	108.149	92.961	78.375
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	18.807	16.426	15.336	13.646
Terugverdientijd	7	7	6	6
Variant 2.1 (meerinvestering)	573.192	553.949	546.861	531.775
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	6.516	5.726	5.365	4.804
Terugverdientijd	88	97	102	111
Variant 3.1 (meerinvestering)	1.002.137	913.337	873.351	802.166
Variant 3.1 (besparing)	16.871	13.769	12.348	10.147
Terugverdientijd	59	66	71	79

Tabel 4.4

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 1.2 [a]
(radiatoren / nieuwbouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.2 (meerinvestering)	184.492	168.349	154.461	142.275
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	18.807	16.426	15.336	13.646
Terugverdientijd	10	10	10	10
Variant 2.2 (meerinvestering)	630.692	614.149	608.461	595.775
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	6.516	5.726	5.365	4.804
Terugverdientijd	97	107	113	124

TABEL 4.5

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 2.1 [a]
(vloerverw. / nieuwbouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.1 (meerinvestering)	201.692	182.749	165.561	150.975
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	19.726	17.255	16.123	14.370
Terugverdientijd	10	11	10	11
Variant 2.1 (meerinvestering)	647.792	628.549	619.461	604.375
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	7.436	6.556	6.153	5.528
Terugverdientijd	87	96	101	109
Variant 3.1 (meerinvestering)	1.076.737	987.937	945.951	874.766
Variant 3.1 (besparing)	17.790	14.598	13.136	10.872
Terugverdientijd	61	68	72	80

Tabel 4.6

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 2.2 [a]
(radiatoren / nieuwbouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.2 (meerinvestering)	201.692	182.949	154.061	150.875
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	19.726	17.255	16.123	14.370
Terugverdientijd	10	11	10	10
Variant 2.2 (meerinvestering)	647.892	628.749	608.061	604.375
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	7.436	6.556	6.153	5.528
Terugverdientijd	87	96	99	109

4.3.7

INVESTERINGEN RENOVATIE

Tabel 4.7

Totaal overzicht van de
investeringskosten per variant
(Renovatiebouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.1 (gebouwgebonden)	1.078.280	1.113.960	1.103.640	1.139.320
Referentie 1.1 (terreingebonden)	0	0	0	0
Aftrek van subsidies referentie 1.1	0	0	0	0
Referentie 1.1 (totaal)	1.078.280	1.113.960	1.103.640	1.139.320
Referentie 1.2 (gebouwgebonden)	767.525	788.331	770.526	793.178
Referentie 1.2 (terreingebonden)	0	0	0	0
Aftrek van subsidies referentie 1.2	0	0	0	0
Referentie 1.2 (totaal)	767.525	788.331	770.526	793.178
Referentie 2.1 (gebouwgebonden)	1.181.680	1.217.360	1.209.040	1.244.720
Referentie 2.1 (terreingebonden)	0	0	0	0
Aftrek van subsidies referentie 2.1	-138.000	-138.000	-138.000	-138.000
Referentie 2.1 (totaal)	1.043.680	1.079.360	1.071.040	1.106.720
Referentie 2.2 (gebouwgebonden)	870.925	891.731	875.926	898.578
Referentie 2.2 (terreingebonden)	0	0	0	0
Aftrek van subsidies referentie 2.2	-80.600	-78.000	-65.000	-74.000
Referentie 2.2 (totaal)	790.325	813.731	810.926	824.578
Variant 1.1 (gebouwgebonden)	1.127.280	1.162.960	1.144.640	1.180.320
Variant 1.1 (terreingebonden)	213.000	201.000	195.000	185.000
Variant 1.1 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 1.1	-152.500	-150.300	-147.300	-145.400
Variant 1.1 (totaal)	1.305.372	1.322.109	1.296.601	1.317.695
Variant 1.2 (gebouwgebonden)	816.525	837.331	811.526	834.178
Variant 1.2 (terreingebonden)	213.000	201.000	195.000	185.000
Variant 1.2 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 1.2	-95.100	-90.100	-85.800	-81.500
Variant 1.2 (totaal)	1.052.017	1.056.680	1.024.987	1.035.453
Variant 2.1 (gebouwgebonden)	1.683.580	1.718.960	1.710.640	1.745.820
Variant 2.1 (terreingebonden)	226.000	214.000	208.000	198.000
Variant 2.1 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 2.1	-275.700	-273.500	-272.400	-270.500
Variant 2.1 (totaal)	1.751.472	1.767.909	1.750.501	1.771.095
Variant 2.2 (gebouwgebonden)	1.372.825	1.393.331	1.377.526	1.399.678
Variant 2.2 (terreingebonden)	226.000	214.000	208.000	198.000
Variant 2.2 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 2.2	-218.200	-213.300	-210.800	-206.500
Variant 2.2 (totaal)	1.498.217	1.502.480	1.478.987	1.488.953

4.3.8

TERUGVERDIENTIJDEN RENOVATIE

Tabel 4.8

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 1.1 [a]
(vloerverw. / renovatiebouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.1 (meerinvestering)	227.092	208.149	192.961	178.375
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	18.807	16.426	15.336	13.646
Terugverdientijd	12	13	13	13
Variant 2.1 (meerinvestering)	673.192	653.949	646.861	631.775
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	6.516	5.726	5.365	4.804
Terugverdientijd	103	114	121	132

Tabel 4.9

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 1.2 [a]
(radiatoren / renovatiebouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.2 (meerinvestering)	284.492	268.349	254.461	242.275
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	18.807	16.426	15.336	13.646
Terugverdientijd	15	16	17	18
Variant 2.2 (meerinvestering)	730.692	714.149	708.461	695.775
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	6.516	5.726	5.365	4.804
Terugverdientijd	112	125	132	145

Tabel 4.10

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 2.1 [a]
(vloerverw. / renovatiebouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.1 (meerinvestering)	261.692	242.749	225.561	210.975
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	19.726	17.255	16.123	14.370
Terugverdientijd	13	14	14	15
Variant 2.1 (meerinvestering)	707.792	688.549	679.461	664.375
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	7.436	6.556	6.153	5.528
Terugverdientijd	95	105	110	120

Tabel 4.11

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 2.2 [a]
(radiatoren / renovatiebouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.2 (meerinvestering)	261.692	242.949	214.061	210.875
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	19.726	17.255	16.123	14.370
Terugverdientijd	13	14	13	15
Variant 2.2 (meerinvestering)	707.892	688.749	668.061	664.375
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	7.436	6.556	6.153	5.528
Terugverdientijd	95	105	109	120

4.4

KOSTENBESPARINGEN WEGBEHEER

Zoals eerder aangegeven in paragraaf 3.3 zal de verharding indien uitgevoerd als wegcollector de volgende voordelen bieden voor de wegbeheerder:

- voorkomen spoorvorming;
- niet hoeven strooien met dooizouten in de winter;
- verminderen scheurvorming en rafeling;
- vergroten verkeersveiligheid.

De reductie op de beheerkosten van de wegconstructie op basis van vermeden onderhoud en levensduurverlenging kan worden gekapitaliseerd op circa €1,0 á €2,0 per m² wegooppervlak per jaar, afhankelijk van het type weg en gebruik.

Dit zou voor de A9 een besparing op jaarbasis betekenen van circa €150.000,-.

HOOFDSTUK

5

Energie en milieu
prestatie

5.1

ALGEMEEN

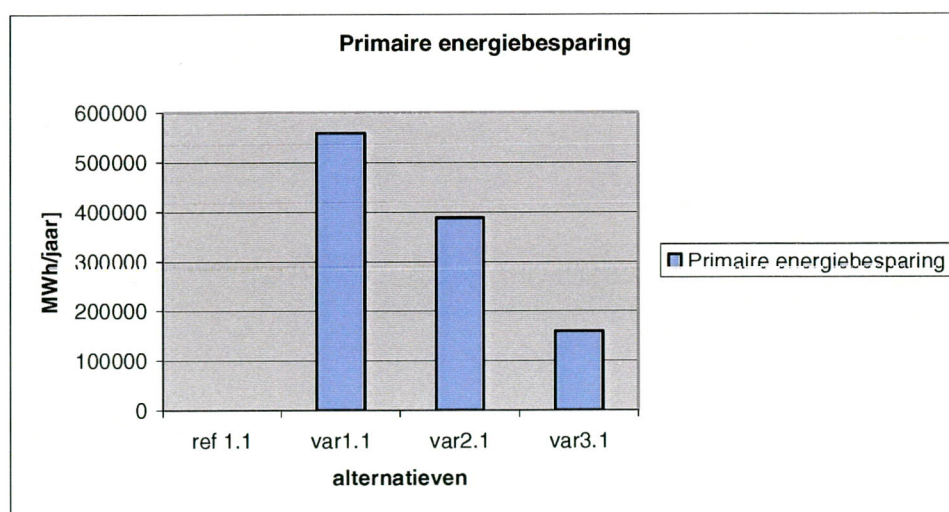
Op grond van de berekende totale energievragen overeenkomstig zoals weergegeven in bijlage 6, zijn voor de verschillende energievarianten de reductie van het primaire energieverbruik, de reductie van de CO₂ uitstoot en de EPC bepaald. Voor referentie 1.1 voor nieuwbouw en renovatie als voor een lage en hoge isolatiewaarde zijn de resultaten grafisch weergegeven. Tot slot worden de overige resultaten in tabelvorm weergegeven.

5.2

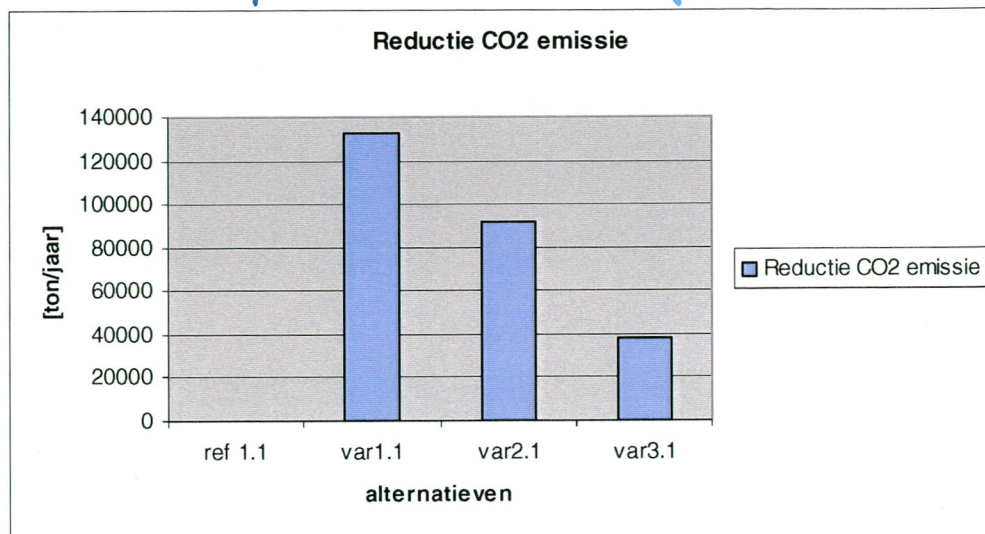
REFERENTIE 1.1 VOOR LAAG ISOLATIENIVEAU

5.2.1

NIEUWBOUW

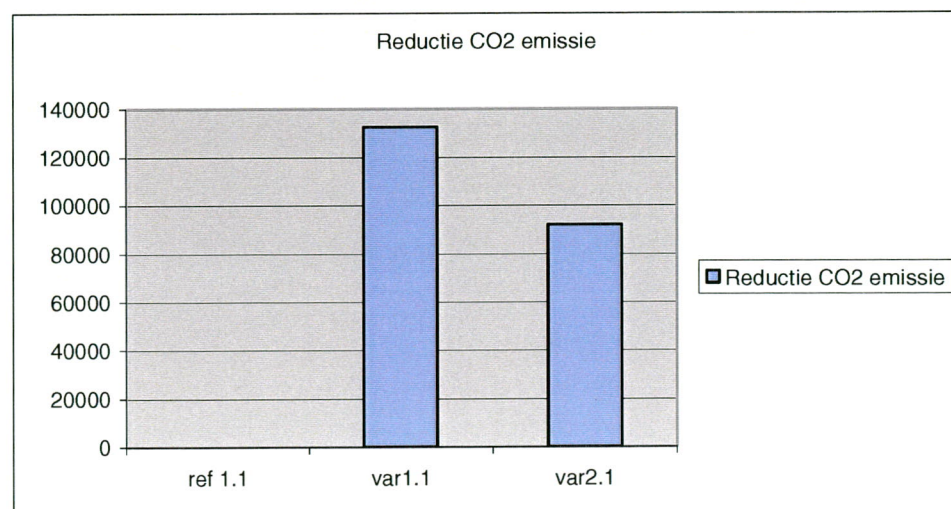
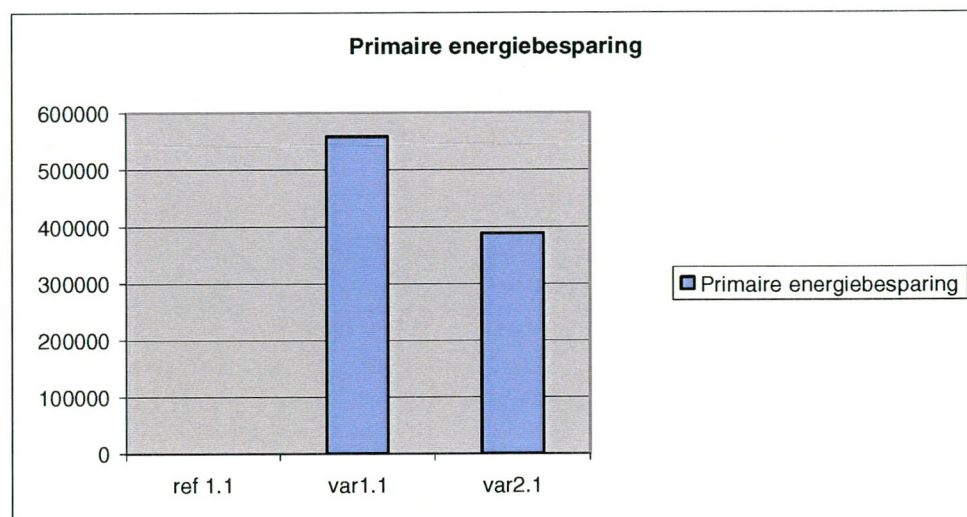


1 woning \approx 1 ton CO₂ per jaar



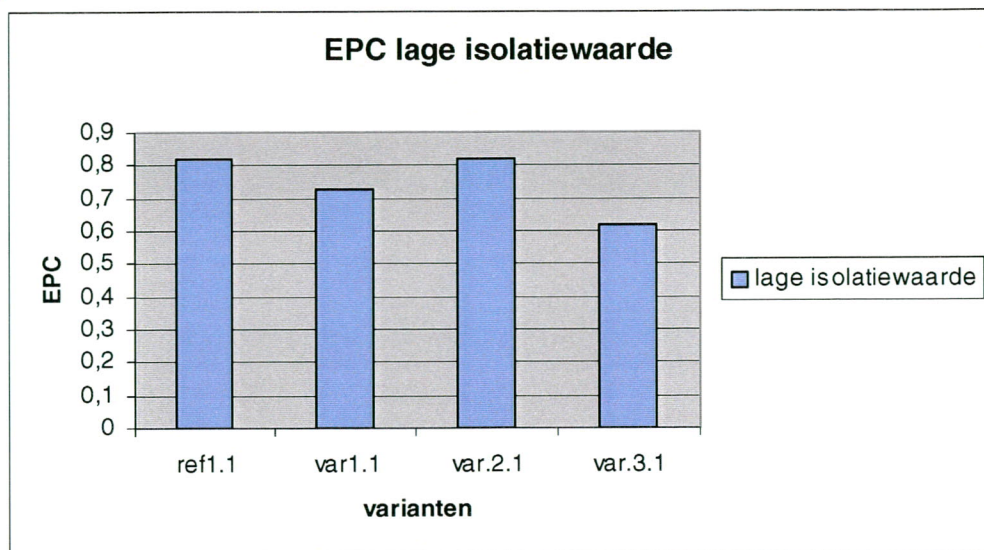
5.2.2

RENOVATIE



5.2.3

EPC

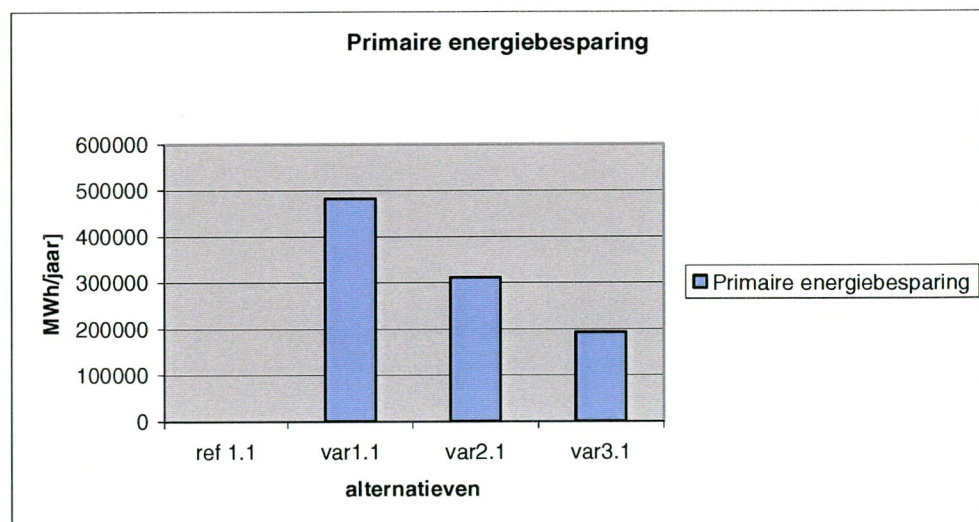


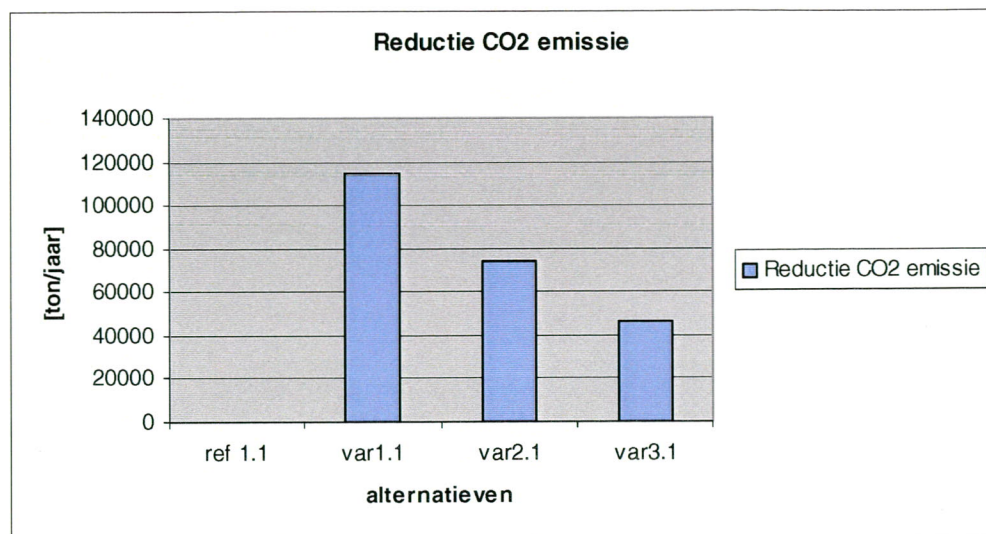
5.3

REFERENTIE 1.1 VOOR HOOG ISOLATIENIVEAU

5.3.1

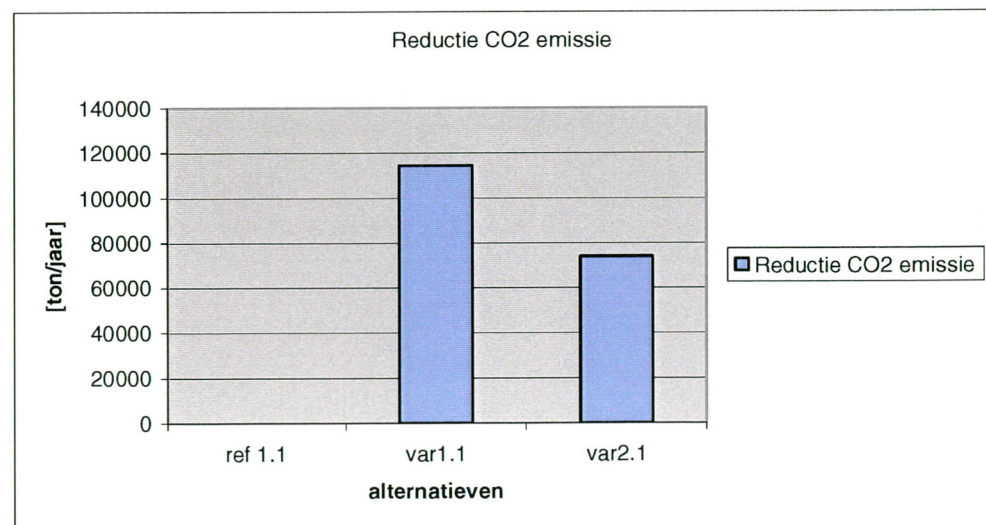
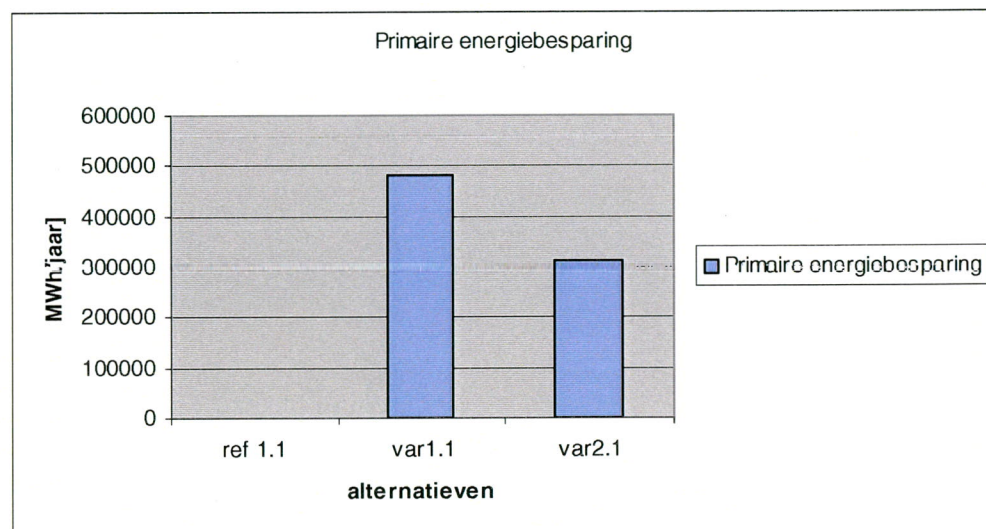
NIEUWBOUW





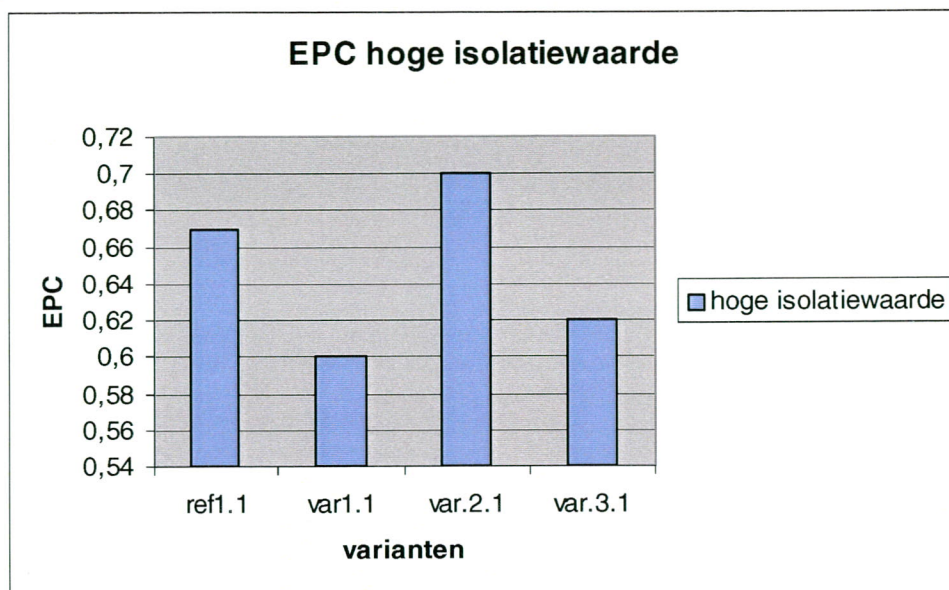
5.3.2

RENOVATIE



5.3.3

EPC



5.4

CO₂-REDUCTIE EN PRIMAIRE ENERGIE BESPARING

Tabel 5.1

Reductie van primair energie
gebruik t.o.v. Referentie 1
[kWh/a]

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Reductie primaire energiebesparing (referentie 1)	0	0	0	0
Reductie primaire energiegebruik (referentie 2)	-799.721	-717.339	-679.595	-621.149
Reductie primaire energiegebruik (variant 1)	-558.814	-523.508	-507.334	-482.285
Reductie primaire energiegebruik (variant 2)	-387.923	-352.617	-336.443	-311.394
Reductie primaire energiegebruik (variant 3)	-158.967	-174.783	-182.029	-193.250

Tabel 5.2

Reductie van primair energie
gebruik t.o.v. Referentie 2
[kWh/a]

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Reductie primaire energiebesparing (referentie 1)	799.721	717.339	679.595	621.149
Reductie primaire energiegebruik (referentie 2)	0	0	0	0
Reductie primaire energiegebruik (variant 1)	240.907	193.831	172.261	138.864
Reductie primaire energiegebruik (variant 2)	411.798	364.722	343.152	309.756
Reductie primaire energiegebruik (variant 3)	640.754	542.556	497.566	427.899

Tabel 5.3

Reductie CO₂ – emissie t.o.v.
referentie 1

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Reductie CO ₂ – emissie (referentie 1)	0	0	0	0
Reductie CO ₂ – emissie (referentie 2)	-189.925	-170.360	-161.396	-147.516
Reductie CO ₂ – emissie (variant 1)	-132.712	-124.327	-120.486	-114.537
Reductie CO ₂ – emissie (variant 2)	-92.127	-83.743	-79.902	-73.953
Reductie CO ₂ – emissie (variant 3)	-37.753	-41.509	-43.230	-45.895

Tabel 5.4

Reductie CO₂ – emissie t.o.v.
referentie 2

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Reductie CO ₂ – emissie (referentie 1)	189.925	170.360	161.396	147.516
Reductie CO ₂ – emissie (referentie 2)	0	0	0	0
Reductie CO ₂ – emissie (variant 1)	57.213	46.033	40.910	32.979
Reductie CO ₂ – emissie (variant 2)	97.798	86.617	81.495	73.564
Reductie CO ₂ – emissie (variant 3)	152.172	128.851	118.166	101.621

HOOFDSTUK

6 Conclusies en Aanbevelingen

6.1

CONCLUSIES

Het concept van de winning van duurzame energie past uitstekend binnen het beleid van zowel de provincie Noord-Holland, Rijkswaterstaat als de gemeente Amsterdam, in het bijzonder het stadsdeel Zuidoost. Zeer nadrukkelijk wordt in de verschillende beleidsdocumenten gesproken over het stimuleren van toepassing van duurzame energie.

Met name voor de woningbouwverenigingen is afname van duurzame energie interessant. Hierbij speelt de planfase waarin de nieuwbouw en bestaande bouw zicht bevindt een rol. Eventuele benodigde bouwkundige aanpassingen kunnen nog in de plannen meegenomen worden.

Overige potentiële afnemers, projectontwikkelaars en het AMC hebben geen directe belangstelling getoond voor duurzame energie in dit kader.

Berekeningen voor bepaling van warmte vraag zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Alleen warmtelevering aan appartementen (dus geen koeling)
- Minimale jaarlijkse energiegebruiken voor ruimteverwarming en sanitair warmwater.

Op grond van de genoemde berekeningsuitgangspunten en berekeningsresultaten kan worden geconcludeerd:

- Het minst duurzame systeem betreft referentiesysteem 2; individuele HR-ketels per appartement. Het hoogste primaire energiegebruik en de hoogste kooldioxide-emissies (zie hiertoe paragraaf 5.4 en bijlage 7).
- Een duidelijk onderscheidt moet worden gemaakt ten aanzien van nieuwbouw en renovatie van bestaande bouw. In het geval van nieuwbouw moet bij referentie-installatie 1, zijnde stadsverwarming nog het lokale warmtedistributienet worden aangelegd en bij referentie-installatie 2, zijnde individuele ketels per appartement nog het lokale gasdistributienet. In het geval van renovatie van de bestaande bouw zijn het warmtedistributienet en het gasnet reeds voorhanden, waardoor in deze situatie een ongunstigere terugverdientijd optreedt ten aanzien van de varianten.
- Het bedrijfseconomisch meest interessante installatieconcept betreft variant 1. Een wegcollector met per appartementencomplex een aquifersysteem en een collectieve elektrische warmtepomp, radiatorenverwarming, ventilatiesysteem met HR-WTW en

indirect gestookte warmwaterboilers, voorzien van isolatieniveau D. In het geval van nieuwbouw bezit dit installatieconcept een terugverdientijd van 6 [jaar] ten opzichte van referentie-installatie 1 (stadsverwarming) en van 10 [jaar] ten opzichte van referentie-installatie 2 (individuele HR-ketels).

Bij renovatieprojecten nemen deze terugverdientijden toe naar 13 [jaar] respectievelijk 15 [jaar].

- Overeenkomstig paragraaf 2.3.6 wordt een EP-waarde van 0,85 vooropgesteld waarbij in het geval van nieuwbouw hierop nog een verbetering van 0,20 wordt nagestreefd. Dat wil zeggen een maximale EP-coëfficiënt van 0,65 conform de voorlopige EPN-berekeningen zijn deze alleen realiseerbaar met de energieconcepten volgens variant 1 en variant 3 zijde:
 - Een wegcollector met collectieve EWP of
 - Een wegcollector met thermische activering van de betonkernen.

Variant 3 valt vooralsnog af vanwege de slechte bedrijfseconomische performance.

- De CO₂-emissie en de primaire energiegebruiken inzake het stadsverwarmingsnet zijn berekend op basis van de zogenaamde "bijstookfactor". Deze bijstookfactor geeft de extra energietoevoer nodig in een STEG-installatie om op adequate wijze te kunnen voorzien in de warmtelevering aan de gebouwde omgeving. Door hier gebruik van te maken lijkt stadsverwarming duurzamer dan wegcollectoren, doch zoals de EPN-berekeningen dit aangeven is dit niet het geval. Bij handhaving van stadsverwarming zal Amsterdam zuidoost nooit op een autarkische wijze in de benodigde energie kunnen voorzien van ruimteverwarming en koeling.

Er zijn een drietal perspectieven van waaruit men naar duurzaamheid kan kijken.

- Vanuit de warmtevraag van de gebruiker,
- Vanuit de warmteproductie van de leverancier en
- Vanuit een overall view.

Wanneer men redeneert vanuit energiebesparinghoek liggen de eerste twee mogelijkheden het meest voor de hand. Hier kunnen namelijk relatief eenvoudig getallen aan worden gekoppeld.

Geredeneerd vanuit de gebruiker zal warmte voorziening door middel van stadsverwarming ongunstig zijn vanwege de hoge verliezen van het transportleidingnet.

Wanneer we vanuit de leverancier van warmte redeneren is het gebruiken van "rest-warmte" zeer gunstig, want met een beperkte hoeveelheid extra primaire energie kan warmte aan de bebouwde omgeving worden geleverd en nog steeds efficiënt elektriciteit worden geproduceerd. Vanuit deze redenering is stadsverwarming een duurzame oplossing.

Echter is het in dit kader van dit project van belang om van een iets grotere afstand naar de situatie te kijken, vanuit een soort "helikopterview".

Wanneer we de systeemgrenzen gaan verruimen zodat de "leverancier" hier binnen valt dan zien we dat er bij de eerder genoemde stadsverwarming altijd massatransport van buiten de systeemgrenzen noodzakelijk is en volledige verduurzaming van de warmtevoorziening niet mogelijk is.

Dit in tegenstelling tot variant 1 waarbij er voor de warmtelevering, afgezien van enkele hulpenergieën, geen massatransport over de systeemgrens plaats vind. Variant 1 biedt dus de mogelijkheid om tot een volledig duurzame oplossing te komen.

Zoals aangegeven in paragraaf 3.3 zal de verharding indien uitgevoerd als wegcollector de volgende voordelen bieden voor de wegbeheerder:

- voorkomen spoorvorming;
- niet hoeven strooien met dooizouten in de winter;
- verminderen scheurvorming en rafeling;
- vergroten verkeersveiligheid.

De reductie op de beheerkosten van de wegconstructie op basis van vermeden onderhoud en levensduurverlenging kan worden gekapitaliseerd op circa €1,0 á €2,0 per m² weggoppervlak per jaar, afhankelijk van het type weg en gebruik.

Dit zou voor de A9 een besparing op jaarbasis betekenen van circa €150.000,-.

6.2

AANBEVELINGEN

Het verdient aanbeveling de varianten 1.1 en 1.2 nader uit te werken omdat zij het meest duurzaam flexibel en bedrijfseconomisch voordelig zijn. Naast de duurzaamheidsaspecten moeten dan ook de autarkische aspecten worden betrokken, zoals gebouwgebonden windturbines en biomassa toepassingen. De biomassa vrijkomende uit het bermbeheer wordt dan in de plannen ingebracht

Met betrekking tot het vervolgtraject adviseren wij de volgende stappen:

- besluitvorming go/ no go m.b.t. uitwerking project voor variant 1.1 en/of 1.2.
- bij go-besluit opstellen en sluiten intentieovereenkomst tussen woningbouwverenigingen en RWS
- uitvoeren haalbaarheidsstudie voor variant 1.1 en/of 1.2, waarin aspecten aan bod komen als organisatie, juridische aspecten, risico's & verantwoordelijkheden, financieringsmodel, nadere technische uitwerking
- parallel kan een verdere optimalisatie plaatsvinden van de gebouwinstallaties en bouwkundige aspecten
- besluitvorming go/ no go m.b.t. realisatie project
- opstellen overeenkomsten tussen stakeholders
- voorbereidingen realisatie project.

BIJLAGE 1

Literatuurlijst

- [1] Milieu beleidsplan 2000-2003.
- [2] Energievisie vernieuwing Bijlmermeer.
- [3] Duurzame energiescan zuidoost.
- [4] Taakstelling Duurzame energie stedelijke ontwikkeling voor de vernieuwing van de Bijlmermeer.
- [5] Vernieuwing Bijlmermeer.
- [6] ISSO publikatie 16, tabel W-4a
- [7] TVVL handboek, tabellen 1.9.40 en 1.9.46

BIJLAGE 2

Isolatiegerelateerde aspecten

Galerij appartementen

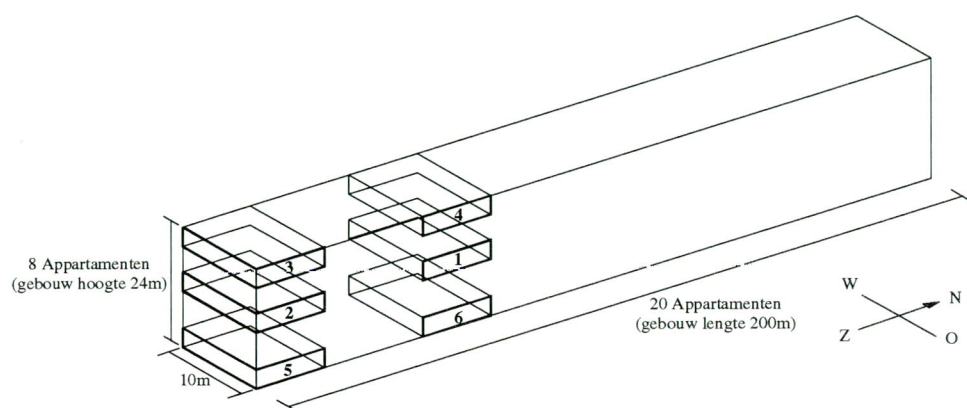
Voor de berekeningen zijn een aantal uitgangspunten geformuleerd m.b.t. lay-out van de appartementen en configuratie van het gebouw.

Het Gebouw

Omvang: $L \times H = 20 \times 8 = 160$ (galerij)appartementen

Figuur b2.1

Stedenbouwkundig plan

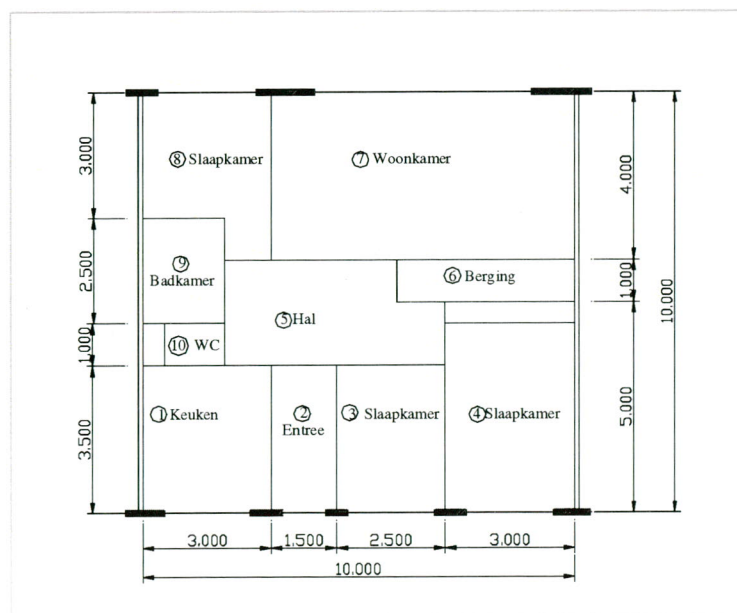
**De appartementen**

Elk appartement heeft een bruto oppervlakte van 100 m^2 .

Met een bruto hoogte van 3 m levert dit een bruto inhoud van 300 m^3 .

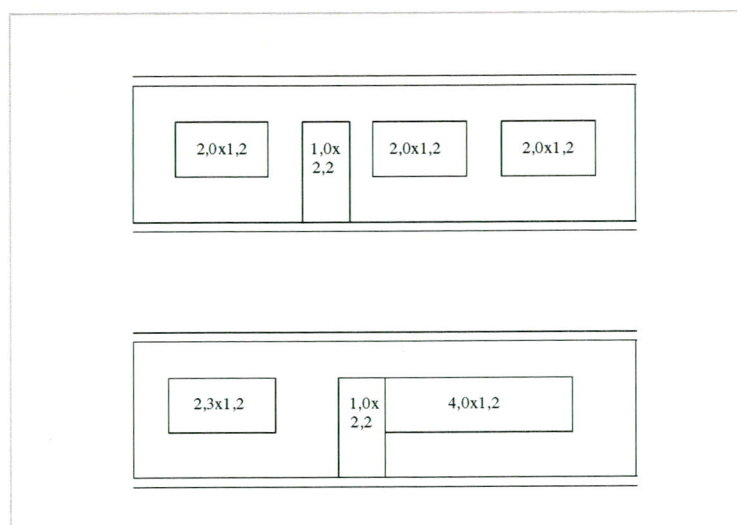
Figuur b2.2

Indeling appartement



Tabel b2.1

Gevel aanzichten



Er zijn een aantal varianten onderzocht:

- Bouwfysica: Goede isolatie versus betere isolatie van de appartementen,
- Lokale installaties: Lage temperatuur verwarming versus zeer lage temperatuur verwarming,
- Centrale installaties: Directe levering van warmte uit de bron versus "opwaarderen" van bronwarmte via een warmtepomp en
- Transport: Isoleren versus niet isoleren van de transport grondleidingen.

Bouwfysische isolatieniveaus

Beglazing:

- Dubbele beglazing
- HR⁺ beglazing

Isolatie:

- Normale isolatie (10 [cm] gevel & dak, 5 [cm] vloer).
 - Sandwichpanelen 10 [cm] (voor & achtergevel)
 - Beton met 10 [cm] buitengevelisolatie (zijgevel)
 - Vloer met 5 [cm] isolatie onder de afwerklaag (begane grond)
 - Dak met 10 [cm] isolatie tussen beton en dakbedekking
- Betere isolatie (15 [cm] gevel & dak, [10] cm vloer).
 - Sandwichpanelen [15] cm isolatie (voor & achtergevel)
 - Beton met [15] cm buitengevelisolatie (zijgevel)
 - Vloer met [10] cm isolatie onder de afwerklaag (begane grond)
 - Dak met 15 [cm] isolatie tussen beton en dakbedekking

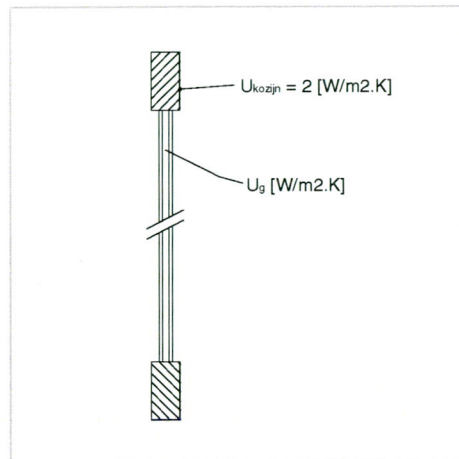
Hieruit volgen 4 isolatieniveaus:

1. Isolatieniveau A: Normale isolatie en dubbelglas,
2. Isolatieniveau B: Betere isolatie en dubbelglas,

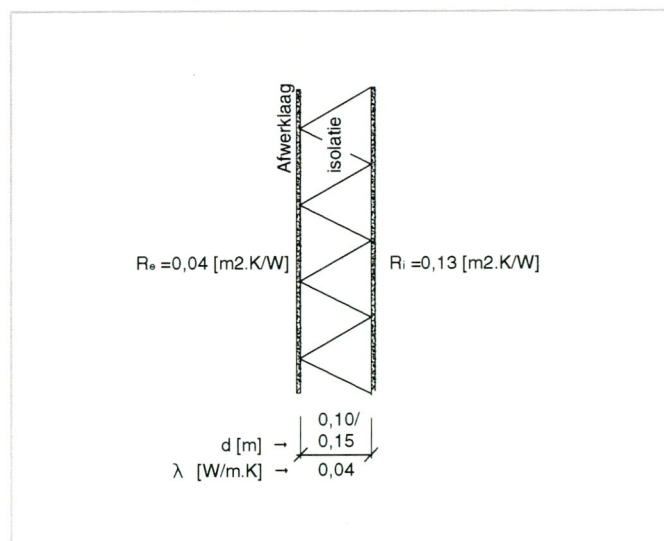
3. Isolatieniveau C: Normale isolatie en HR⁺ glas en
4. Isolatieniveau D: Betere isolatie en HR⁺ glas.

Figuur b2.4

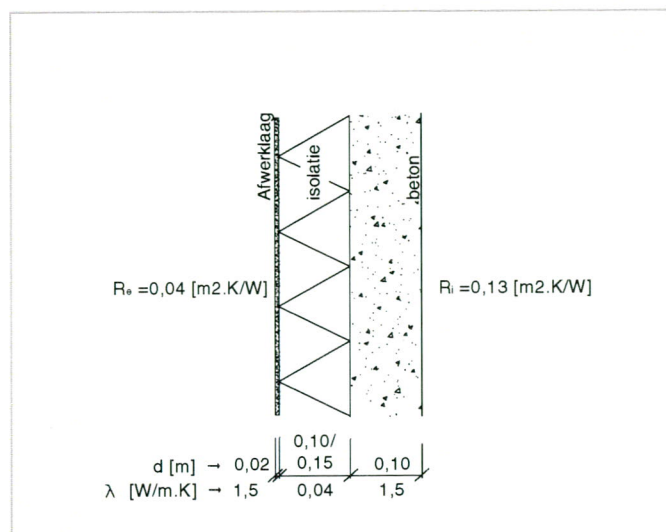
Bouwfysica (raamconstructie)



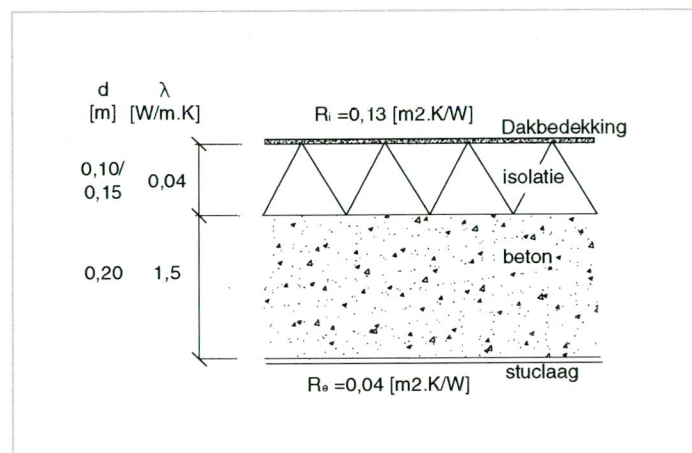
Figuur b2.5



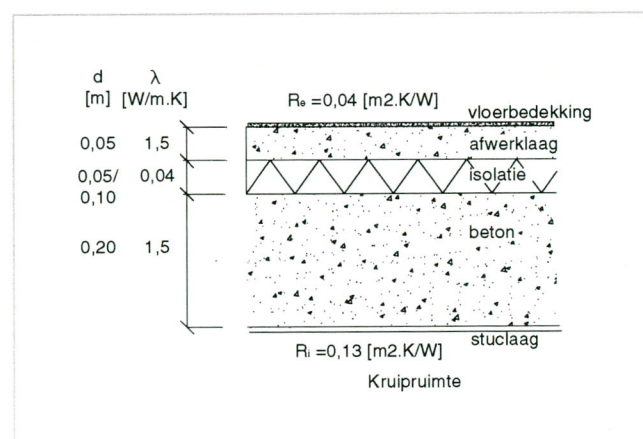
Figuur b2.6



Figuur b2.7



Figuur b2.8



Warmteverliesberekening

Voor het bepalen van het totale warmteverlies en het warmteverlies van een “gemiddeld” appartement zijn appartementen met verschillende “ligging” doorgerekend, te weten:

- Tussenverdieping, tussen appartement
- Tussenverdieping, hoek appartement
- Dakverdieping, hoek appartement
- Dakverdieping, tussen appartement
- Begane grondverdieping, hoek appartement
- Begane grondverdieping, tussen appartement

De resultaten zijn in de onderstaande tabellen weergegeven.

Tabel b2.2

Resultaten Dimensionering
(warmtedistributie)

$q_i + q_{\text{v}} + q_{\text{g}}$ [W]	aantal	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Tussenverdieping, tussen appartement	108	2038	1903	1629	1494
Tussenverdieping, hoek appartement	12	2365	2128	1956	1719
Dakverdieping, hoek appartement	2	3436	2869	3027	2460
Dakverdieping, tussen appartement	18	3109	2344	2700	2235
Begane grond, hoek appartement	2	3308	2656	2899	2247
Begane grond, tussen appartement	18	2981	2431	2572	2022
Gemiddeld appartement	1	2.322	2.050	1.913	1.675
Totaal	160	371.592	328.060	306.152	268.020

Tabel b2.3

Resultaten Dimensionering
(warmtedistributie/m² vloer opp.)

$q_i + q_{\text{v}} + q_{\text{g}}$ [W/m ²]	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Tussenverdieping, tussenappartement	20,4	19,0	16,3	14,9
Tussenverdieping, hoekappartement	23,7	21,3	19,6	17,2
Dakverdieping, hoekappartement	34,4	28,7	30,3	24,6
Dakverdieping, tussenappartement	31,1	23,4	27,0	22,4
Begane grond, hoekappartement	33,1	26,6	29,0	22,5
Begane grond, tussenappartement	29,8	24,3	25,7	20,2
Gemiddeld appartement	23,2	20,5	19,1	16,8

Opmerking:

In alle gevallen is gerekend met ventilatievoud van 0,8 [1/h] voorzien van HR-WTW en met infiltratie van $19 \cdot 10^{-5}$ [m³/s.m²_{gevel-opp.}] met een warmteverlies van 89 [W] respectievelijk 414 [W].

Er zijn geen opwarmtoeslagen in rekening gebracht wat betekent dat er geen nachtverlaging wordt toegepast.

Tabel b2.4

Resultaten Dimensionering
(aansluitwaarde)

$q_e + q_v + q_i$ [W]	aantal	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Tussenverdieping, tussenappartement	108	1831	1696	1422	1287
Tussenverdieping, hoekappartement	12	2158	1921	1749	1512
Dakverdieping, hoekappartement	2	3229	2662	2820	2253
Dakverdieping, tussenappartement	18	2902	2137	2493	2028
Begane grond, hoekappartement	2	3101	2449	2692	2040
Begane grond, tussenappartement	18	2774	2224	2365	1815
Gemiddeld appartement	1	2.115	1.843	1.706	1.468
Aansluitwaarde (centraal)	160	338.472	294.940	273.032	234.900

Tabel b2.5

Aansluitwaarde per
appartement

$q_e + q_v + q_i$ [W/m ²]	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Tussenverdieping, tussenappartement	18,3	17,0	14,2	12,9
Tussenverdieping, hoekappartement	21,6	19,2	17,5	15,1
Dakverdieping, hoekappartement	32,3	26,6	28,2	22,5
Dakverdieping, tussenappartement	29,0	21,4	24,9	20,3
Begane grond, hoekappartement	31,0	24,5	26,9	20,4
Begane grond, tussenappartement	27,7	22,2	23,7	18,2
Gemiddeld appartement	21,2	18,4	17,1	14,7

Opmerking:

De aansluitwaarde is gecorrigeerd voor het infiltratieverlies (z-factor van 0,5) met 207 [W] ten opzichte van de warmteverliesberekening. Per appartement is net als voor het gehele appartementencomplex gerekend met een gelijktijdigheid van 1,0 [-].

Warm tapwater

Uitgaande van een appartement met douche en een gemiddelde bezetting van 3 à 4 personen ligt het warmteverbruik voor warm tapwaterbereiding om en nabij de 30.000 [kJ] per dag per appartement.

Bij toepassing van een boiler oplaadsysteem met een inhoud van 120 [liter] en een vermogen van ca. 2,0 [kW] en een $dT = (65-10 = 55$ [°C]) bedraagt de oplaadtijd ca. 4 [h].

BIJLAGE 3

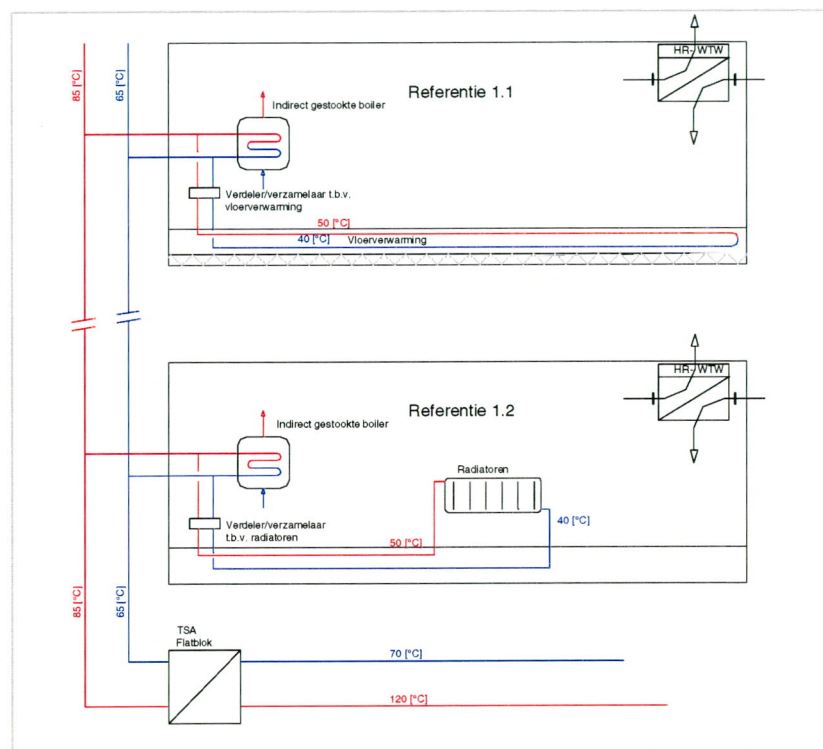
Gebouwinstallaties

Installatievarianten

De warmtevoorziening voor verwarming en warm tapwater voor de appartementen kan op een aantal manieren worden gerealiseerd. De onderzochte alternatieven met bijbehorende referentie installaties zijn:

Referentie 1**Figuur b3.1**

Stadsverwarming primaire temperatuurtraject van 120 – 70 [°C] met indirect gestookte boilers,

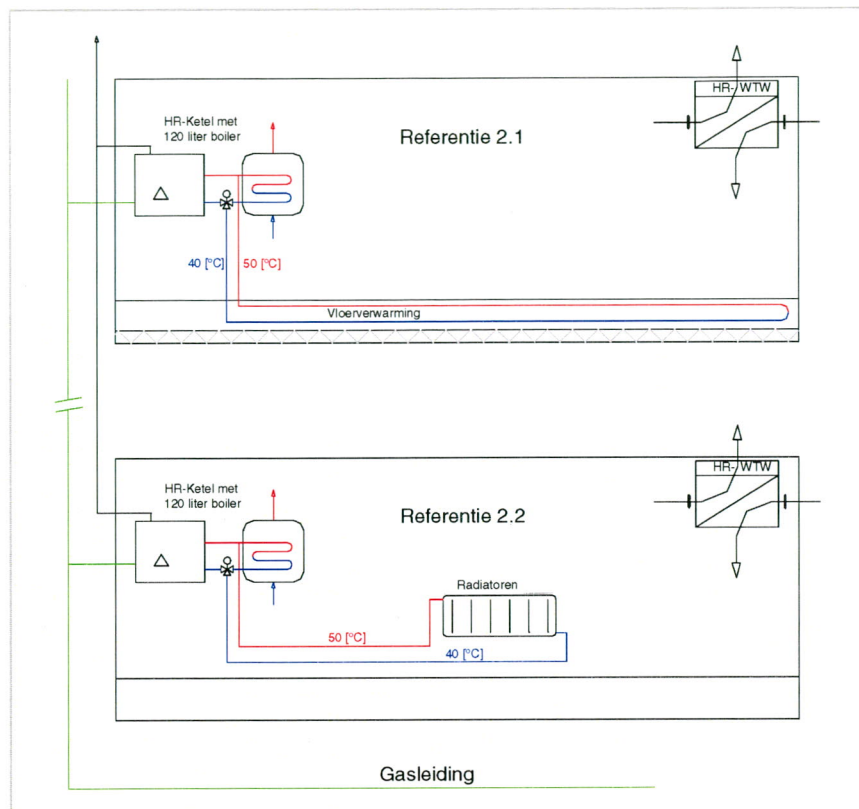


Bij de referentie 1.1 en 1.2 wordt de aangesloten op een stadsverwarmingsnet. De warmte wordt via een centrale TSA op een temperatuur niveau gebracht van 85-65 [°C]. Hierop worden de indirect gestookte warm tapwaterboilers aangesloten. Het verwarmingssysteem, vloerverwarming (variant 1.1) of radiatoren (variant 1.2) zijn eveneens hierop aangesloten echter is de temperatuur verlaagd omwille van de behaaglijkheid. Bij alle varianten wordt gebruik gemaakt van HR-WTW.

Referentie 2

Figuur b3.2

lokale HR-ketels met
indirect gestookte boilers.

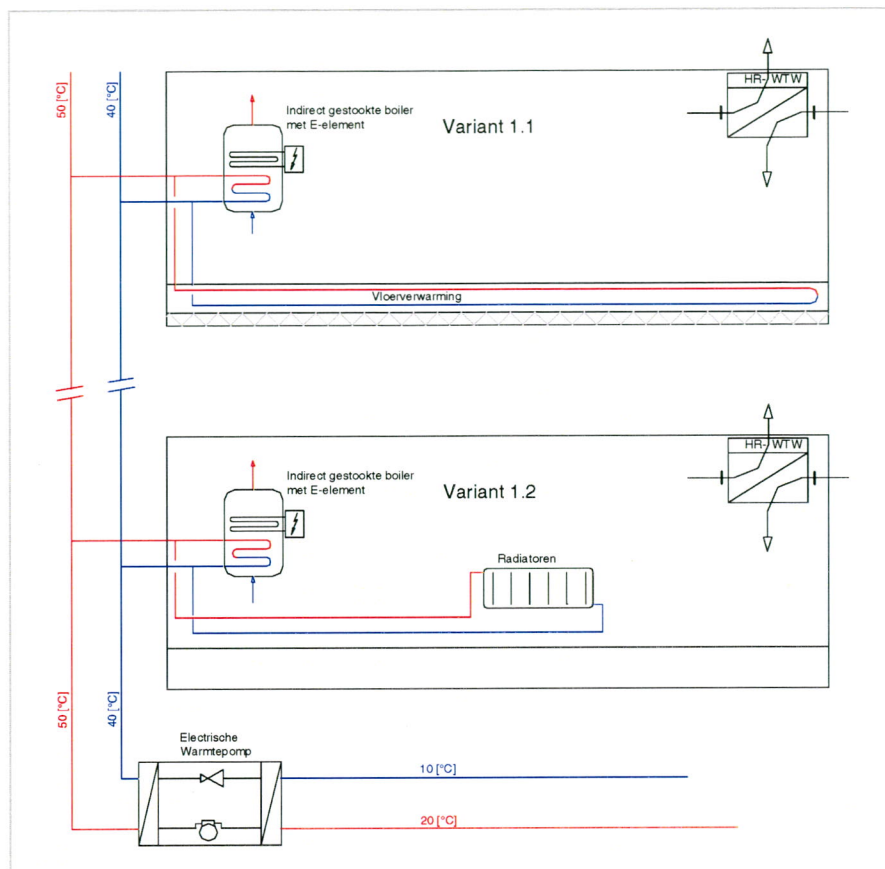


Bij de referentie 2.1 en 2.2 wordt de appartementen voorzien van een elk een eigen HR-keteltje gecombineerd met een indirect gestookte boiler. Het verwarmingssysteem, vloerverwarming (variant 1.1) of radiatoren (variant 1.2) is een laag temperatuur systeem. Bij alle varianten wordt gebruik gemaakt van HR-WTW.

Variant 1

Figuur b3.3

Centrale EWP met een
brontemperatuurtraject van
20 - 10 [°C]

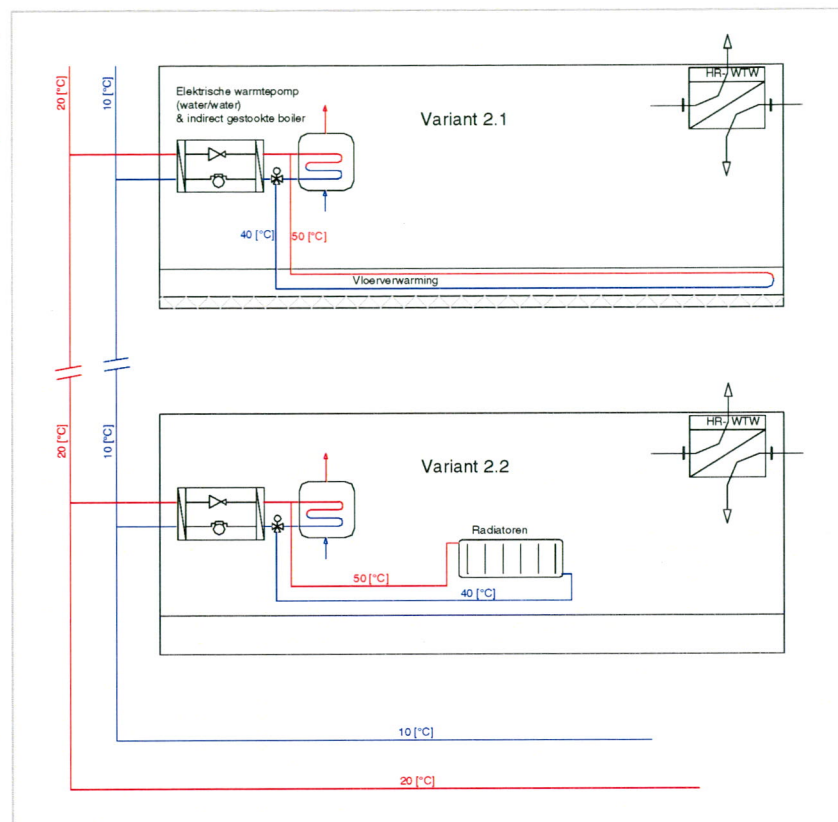


Bij de varianten 1.1 en 1.2 wordt de bronwarmte centraal via een elektrische warmtepomp opgewaardeerd naar een temperatuurniveau van ca 50 [°C]. Deze warmte wordt gebruikt voor verwarming via een vloerverwarmingssysteem (variant 1.1) of radiatoren (variant 1.2) en kan tevens worden gebruikt als voorverwarming van een indirect gestookte boiler voorzien van een elektrische (na)verwarmingselement. Bij alle varianten wordt gebruik gemaakt van HR-WTW.

Variant 2

Figuur b3.4

Lokale elektrische warmtepompen met een bron temperatuurtraject van 20 - 10 [°C] met indirect gestookte boilers.

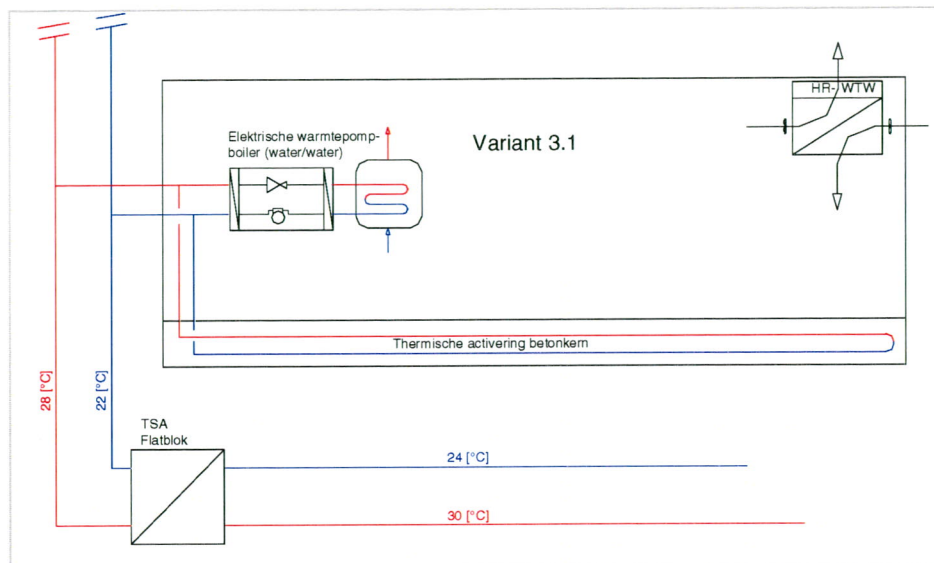


Bij de varianten 2.1 en 2.2 wordt de bronwarmte lokaal (per appartement) via een warmtepomp opgewaardeerd naar een temperatuurniveau van ca 50 tot 65 [°C] afhankelijk van de bedrijfssituatie. De warmtepomp als een "combi-toestel" gebruikt en voorziet zowel in de warm tapwater bereiding (indirect gestookt boiler) als ook in de verwarming van het appartement. De warmteafgifte voor verwarming geschiedt via vloerverwarming (variant 2.1) of door radiatoren (variant 2.2).

Variant 3.

Figuur b3.5

Zeer lage temperatuur verwarming (ZLTV) direct vanuit de bron met een bron temperatuurtraject van 30 - 24 [°C] en lokale warmtepomp met indirect gestookte boiler



Bij Variant 3.1 wordt de warmtepomp alleen ingezet voor de bereiding van warm tapwater. En wordt de verwarming gerealiseerd door thermische activering van de betonkern van het appartement. Bij alle varianten wordt gebruik gemaakt van HR-WTW.

Opmerking:

Alle warmtepompboilers zijn uitgevoerd als water/water toestellen. Het toepassen van water/lucht toestellen is alleen zinvol wanneer er sprake is van ventilatie via natuurlijke toevoer.

Installatiekosten

Allereerst dient te worden vermeldt dat het bij de berekening niet om de volledige kosten handelt maar dat hoofdzakelijk de installatieonderscheidende componenten aan de orde komen om een onderlinge prijsdifferentiatie zichtbaar te maken.

Vloerververwarming renovatie 50-40 [°C]

Ref.1.1, ref.2.1, var.1.1 en var.2.1, Bron: Velta

Richtprijs voor warmteafgifte van 13 [W/m²] t/m 32 [W/m²], 5 circuits

Tabel b3.1

	Investering [euro]
Materiaalprijs per appartement, 100 [m ²]	1.950
Montage en engineering	715
Prijs per appartement	2.665
Prijs per [m ²]	26,65
Totaal voor 160 appartementen	426.400

Opmerking:

De onderlinge verschillen in warmtevraag voor de verschillende isolatieniveaus levert in eerste instantie geen prijsdifferentiatie op voor de aanleg van vloerverwarming.

Paneelradiatoren 50-40 [°C]

Ref.1.2, ref.2.2, var.1.2 en var.2.2

Voor de radiatoren is als uitgangspunt een 2 plaats paneelradiator voorzien van oppervlakte vergrotende ribben tussen de beide platen:

1. Type 22 h=600 mm.
2. Warmte afgifte bij 50/40 [°C] 600 [W/m].

De onderstaande tabel geeft het theoretische aantal meters paneel radiatoren per appartementtype weer gebaseerd van eerder genoemde warmteafgifte per meter radiator.

Tabel b3.2

Specifieke radiatorlengte per appartement [m]

	aantal	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Tussenverdieping, tussenappartement	108	3,1	2,8	2,4	2,1
Tussenverdieping, hoekappartement	12	3,6	3,2	2,9	2,5
Dakverdieping, hoekappartement	2	5,4	4,4	4,7	3,8
Dakverdieping, tussenappartement	18	4,8	3,6	4,2	3,4
Begane grond, hoekappartement	2	5,2	4,1	4,5	3,4
Begane grond, tussenappartement	18	4,6	3,7	3,9	3,0
Gemiddeld appartement	1	3,5	3,1	2,8	2,5
Totaal per gebouw	160	564	492	455	392

Gemiddelde materiaalprijs per meter:

105 [€/m] (bron: Veba)

Montage kosten per rad. ($L_{\text{gemid.}}=1,2$ [m])

100 [€/m] (bron: Gustav Ende)

Totaal eenheidsprijs per meter:

205 [€/m]

Onderstaande tabel geeft de resultaten van de kostenberekening weer. De eenheidsprijs is gebaseerd op een materiaalprijs met 30 [%] korting excl. BTW. De montagekosten zijn gebaseerd op Ende-tabel 53 en een ploegprijs van 60 [€/uur]. Voor de totstandkoming van de eenheidsprijs wordt verwezen naar de handberekening.

Tabel b3.3

Investeringskosten [euro]
Paneelradiatoren per appartement

Omschrijving	aantal	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Tussenverdieping, tussenappartement	108	626	579	486	440
Tussenverdieping, hoekappartement	12	737	656	598	517
Dakverdieping, hoekappartement	2	1103	910	964	770
Dakverdieping, tussenappartement	18	992	730	852	693
Begane grond, hoekappartement	2	1060	837	920	697
Begane grond, tussenappartement	18	948	760	808	620
Prijs per m² vloeroppervlak	-	7,2	6,3	5,8	5,0
Gemiddeld appartement	1	723	630	583	502
Totaal per gebouw	160	115.645	100.771	93.286	80.258

Vloerverwarming nieuwbouw 28-22 [°C] (ZLTV)

Variant 3.1, Bron: Velta

Richtprijs voor warmteafgifte van 13 [W/m²] t/m 32 [W/m²]18 tot 23 [€/m² vloeroppervlak].

Watertemperatuurtraject: 28 / 22 [°C]

Ontwerp ruimtetemperatuur: 20 [°C]

Tabel b3.4

	aantal	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Prijs per m ² vloeroppervlak	-	23	20,9	19,9	18
Gemiddeld appartement	1	2.300	2.090	1.990	1.800
Totaal	160	368.000	334.400	318.400	288.000

Lokale warmteopwekking

Tabel b3.5

Omschrijving	Investering [euro]
HR-ketel, capaciteit: 10,5 [kW], indirect gestookte boiler, inhoud: 120 [liter], rookgas afvoer (bron: TU / nefit), (referentie 1.1 en 1.2)	2.000
Indirect gestookte boiler (primair: 50-40 [°C] water), met elektrisch (na)verwarmingselement, 120 [liter], (Bron: ACV), (variant 1.1 & 1.2)	710
Warmtepomp, capaciteit 6 [kW], water / water (primair: 20-10 [°C] water), met geïntegreerde aansluiting voor tapwaterboiler. T _{tapwater} = 65 [°C] (ε-w = 3,3), T _{o-m-a-x} = 50 [°C] (ε-w >= 4,1, (bron Stiebel Eltron, type WPF), (variant 2.1 & 2.2)	4.490
Warmtepomp capaciteit [6 kW], water / water, (primair: 28-22 [°C] water), met geïntegreerde aansluiting voor tapwaterboiler. T _{tapwater} = 65 [°C] (ε-w = 4,0), (bron Stiebel Eltron, type WPF), (variant 3.1)	4.490
Indirect gestookte boiler zonder elektrisch element, inhoud 120 [liter] (bron Nibe), (variant 2.1 & 2.2)	610

Ventilatie-unit (Alle varianten)

Tabel b3.6

Omschrijving	Investering [euro]
Gebalanceerde ventilatie-unit met HR-warmteterugwinning (>90 [%]), 240 [m ³ /h] (bron: stork, WHR-90), (alle referenties en varianten)	1.500
Totaal per gebouw	240.000

BIJLAGE 4

Bouwkundige voorzieningen

Varianten*Beglazing*

Tabel b4.1

Investeringskosten t.b.v.
isolatie niveaus A t/m D

Omschrijving	Prijs [euro /m ²]	Aantal [m ²] per appartement	Investering per appartement [euro]	Aantal appartementen	Totale investering [euro]
Dubbele beglazing (Isolatie niveaus A & B)	32	19	608	160	97.280
HR* beglazing (Isolatie niveaus C & D)	41	19	779	160	124.640
Meerinvestering HR*	9	19	171	160	27.360

Opmerking:

De kosten opgenomen voor beglazing betreft sec het glas exclusief montage, exclusief kozijnen.

Isolatievoorzieningen

Tabel b4.2

Meerprijzen, t.b.v. isolatie
niveaus B en D, extra isoleren
(= van 10 naar 15 cm)

Omschrijving	aantal	Meerkosten per appartement [euro]	Sub totaal [euro]
Tussenverdieping, tussenappartement	108	184,50	19.926
Tussenverdieping, hoekappartement	12	319,50	3.834
Dakverdieping, hoekappartement	2	419,50	839
Dakverdieping, tussenappartement	18	284,50	5.121
Begane grond, hoekappartement	2	419,50	839
Begane grond, tussenappartement	18	284,50	5.121
Totaal	160	-	35.680

BIJLAGE 5

Centrale voorzieningen

Allereerst dient te worden vermeldt dat het bij de berekening niet om de volledige kosten handelt maar dat hoofdzakelijk de installatieonderscheidende componenten aan de orde komen om een onderlinge prijsdifferentiatie zichtbaar te maken.

Referentiesituatie 1

Bij de referentiesituaties 1.1 en 1.2 (stadsverwarming) wordt er centraal in het gebouw een TSA opgesteld aangesloten op een stadsverwarmingsleidingnet. Temperatuurtraject: 120/70 [°C] (stadsverwarmingsnet) en 85/65 [°C] (gebouwzijde). Onderstaande tabel geeft een investeringskosten voor TSA's inclusief regeling, aansluiting en isolatie weer per isolatie variant.

Tabel b5.1

Investeringskosten TSA's

Omschrijving (stadsverwarmingssysteem)	Investing [euro]
TSA 348 [kW] (Isolatie niv. A)	21.000
TSA 305 [kW] (Isolatie niv. B)	21.000
TSA 282 [kW] (Isolatie niv. C)	19.000
TSA 248 [kW] (Isolatie niv. D)	19.000

Opmerking:

Ook bij stadsverwarming wordt lage temperatuur verwarming toegepast. Hiervoor is bewust gekozen omwille van het behaaglijkheidsniveau.

TSA's

Bij Variant 3.1 wordt er centraal in het gebouw een TSA opgesteld aangesloten op een bronnensysteem. Temperatuurtraject: 30/24 [°C] (bronzijde) en 28/22 [°C] (gebouwzijde). Onderstaande tabel geeft een investeringskosten voor TSA's weer per isolatie variant.

Tabel b5.2

Investeringskosten TSA's

Omschrijving (aquifersysteem)	Investing [euro]
TSA 348 [kW] (Isolatie niv. A)	3.900
TSA 305 [kW] (Isolatie niv. B)	3.600
TSA 282 [kW] (Isolatie niv. C)	3.600
TSA 248 [kW] (Isolatie niv. D)	3.100

Opmerking:

De kosten voor aansluiting regeling en in bedrijfsnaam zijn verwerkt in de investeringskosten van de aquifersystemen.

Elektrische warmtepomp

Bij de varianten 1.1 en 1.2 wordt er centraal in het gebouw een elektrische warmtepomp (EWP) opgesteld welke aan de primaire kant wordt aangesloten op een bronnensysteem met een temperatuurtraject van 20 – 10 [°C] en aan secundaire zijde op de gebouwinstallatie met een temperatuurtraject van 50 – 40 [°C]. Onderstaande tabel geeft de investeringskosten weer van de centrale EWP's per isolatieniveau.

Tabel b5.3

Investeringskosten EWP's

Omschrijving	Investing [euro]
EWP 348 [kW] (isolatieniveau A)	54.000
EWP 305 [kW] (isolatieniveau B)	54.000
EWP 282 [kW] (isolatieniveau C)	44.000
EWP 248 [kW] (isolatieniveau D)	44.000

Transport grondleiding naar het gebouw

Voor elk van de onderzochte systemen is een transportleiding opgenomen voor de aanvoer van thermische energie (warmte). In alle gevallen is gerekend met een leidingtraject van 250 [m]. Zowel voor de bronnensystemen als ook voor stadsverwarming wordt gerekend met voor geïsoleerde leidingen. Daarnaast wordt voor de bronnensystemen ook een keer gerekend met niet geïsoleerde leidingen. Onderstaande tabel geeft de investeringskosten van de transportleidingen weer.

Tabel b5.1

Investeringskosten Terrein transportleidingen

Omschrijving	Investerings [Euro]
Transportleiding (PEX), 250 [m], DN 65 voorgeïsoleerd. (isolatie -serie 1) Temperatuurtraject: 120 - 70 [°C], grondtemperatuur: 10 [°C]. (referentiesituatie 1)	100.000
Transportleiding gas 250 [m], DN 80 (referentiesituatie 2)	60.000
Transportleiding (kunststof), 250 [m], DN 80 <u>niet</u> geïsoleerd. Temperatuurtraject: 20 - 10 [°C], grondtemperatuur: 10 [°C]. (varianten 1 en 2)	65.000
Transportleiding (PEX), 250 [m], DN 110 voorgeïsoleerd. (isolatie -serie 1) Temperatuurtraject: 30 - 24 [°C], grondtemperatuur: 10 [°C]. (variant 3.1)	165.000

Transport leiding in het gebouw

Voor de referentiesituatie 2 is er een gas transportleiding in het gebouw opgenomen. Dit houdt in een leidingtraject van 700 [m]. Voor alle andere varianten inclusief referentiesituatie 1 is er een transportleiding in het gebouw opgenomen voor de aanvoer van thermisch energie(warmte), ook met een leidingtraject 1400 [m] lengte.

Tabel b5.2

Investeringskosten transportleidingen binnen

Omschrijving	Investerings [euro]
Warmte Transportleiding binnen het gebouw (variant 1,2,3 en referentie 1)	196.000
Gas transportleiding binnen het gebouw (referentiesituatie 2)	98.000

Aquifersysteem (varianten 1, 2 & 3)

De investeringskosten van het aquifersysteem (doubletbron, 2^{de} watervoerende laag) is gebaseerd op regressielijnen. Afhankelijk van het gekozen systeem dient de aquifer niet in het volledige aansluitvermogen te voorzien.

- Bronwarmte in combinatie met een EWP (varianten 1 en 2). Hierbij wordt ca. 25 [%] van het verwarmingsvermogen geleverd door de compressor van de EWP.
- Bronwarmte voor directe levering van verwarmingsvermogen (variant 3.1). In deze situatie moet het volledige verwarmingsvermogen door de aquifersysteem kunnen worden geleverd.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de investeringskosten van de aquifersystemen inclusief de regeling en aansluiting bij 100 [%] en 75 [%] van de berekende aansluitvermogens.

Tabel b5.6

Investeringskosten
aquifersysteem [euro]

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Aansluitwaarde gebouw [kW] [100%]	338	295	273	235
Investering doublet bron [euro]	178.000	163.000	155.000	141.000
Aansluitwaarde gebouw [kW] [75%]	254	221	205	176
Investering doublet bron [euro]	148.000	136.000	130.000	120.000

BIJLAGE 6

Energiegebruik

Tabel b6.1

Specifiek warmteverlies door transmissie H_t [W/K]

Specifieke warmteverlies

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Tussenverdieping, tussenappartement	51,2	46,7	37,5	33,0
Tussenverdieping, hoekappartement	62,1	54,2	48,4	40,5
Dakverdieping, hoekappartement	97,8	78,9	84,1	65,2
Dakverdieping, tussenappartement	86,9	61,4	73,2	57,7
Begane grond, hoekappartement	93,5	71,8	79,9	58,1
Begane grond, tussenappartement	82,6	64,3	69,0	50,6
Gemiddeld appartement	70,5	61,4	56,9	48,9

Opmerking:

Het specifieke warmteverlies ten gevolge van ventilatie is berekend op basis van de ontwerpgegevens dT van 30 [°C]. Echter zijn de begane grondvloeren niet gecorrigeerd naar een dT van 15 [°C].

Tabel b6.2

Specifiek warmteverlies door ventilatie H_v [W/K]

Omschrijving	[W/K]
Specifiek warmteverlies door ventilatie H_v [W/K] (excl. wtw)	80,6
Specifiek warmteverlies door ventilatie H_v [W/K] (incl. wtw)	8,06

Opmerking:

Het specifieke warmteverlies ten gevolge van ventilatie is berekend op basis van de ontwerpgegevens dT van 30 [°C], en een ventilatievoud van 0,8 [1/h]

Tabel b6.3

Specifiek warmteverlies door infiltratie H_i [W/K]

Omschrijving	[W/K]
Specifiek warmteverlies door infiltratie H_i [W/K]	6,9

Opmerking:

Het specifieke warmteverlies ten gevolge van infiltratie is berekend op basis van de ontwerpgegevens dT van 30 [°C], en een debiet van $0,5 \times 0,0114$ [$\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2_{\text{gevelopp.}}$]

Warmtewinst

Voor het berekenen van de warmtewinst is gebruik gemaakt van tabel W-4a uit de ISSO publikatie 16 "De jaarlijkse warmtebehoefte van woningen", met name voor het berekenen van de interne warmtebelasting door personen en elektra en warm tapwater. De berekening van de warmtewinst ten gevolge van de zon is gebaseerd op tabellen 1.9.40 en 1.9.46 "uurlijkse gemiddelde diffuse zonnestraling" uit het TVVL handboek installatietechniek.

Zonnepwarmtewinst

Tabel b6.4

Gemiddelde zonnepwarmte –
winst q_{zon} op een verticaal vlak
met oost-oriëntatie

Maand	23.00-7.00 uur [W/m ²]	7.00-17.00 uur [W/m ²]	17.00-19.00 uur [W/m ²]	19.00-23.00 uur [W/m ²]
oktober	9	91	0	0
november	0	48	0	0
december	0	31	0	0
januari	0	40	0	0
februari	0	73	0	0
maart	10	108	4	0
april	33	144	17	0

Tabel b6.5

Gemiddelde zonnepwarmte –
winst q_{zon} op een verticaal vlak
met west-oriëntatie

Maand	23.00-7.00 uur [W/m ²]	7.00-17.00 uur [W/m ²]	17.00-19.00 uur [W/m ²]	19.00-23.00 uur [W/m ²]
oktober	1 *	71	0	0
november	0	35	0	0
december	0	22	0	0
januari	0	27	0	0
februari	0	53	0	0
maart	1 *	88	3 *	0
april	6 *	127	30 *	0

(*) : wordt gelijk gesteld aan nul (dus niet mee genomen in de berekening)

Interne warmte belasting

Tabel b6.4

Interne warmtebelasting P_{intern}
ten gevolge van personen,
elektra en warm tapwater

Interne warmte- belasting door:	23.00-7.00 uur [W]	7.00-17.00 uur [W]	17.00-19.00 uur [W]	19.00-23.00 uur [W]
Personen	210	120	240	240
Elektra	0	45	435	435
Warm tapwater	0	140	500	140
Totaal	210	305	1.175	805

Totale interne warmtebelasting

Voor de bepaling van de totale interne warmtebelasting is de diffuse zonnestraling [W/m²] vermenigvuldigd met het glas oppervlak per gevel [m²] en de ZTA-factor [-]. Voor de ZTA-factor is een waarde van 0,6 [-] gehanteerd. Optelling van de zonnepwarmtewinst [W] en de interne warmtebelasting door personen, elektra en warm tapwater levert de totale interne warmtebelasting zoals weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel b6.6

Totale interne warmtebelasting

 $P_{\text{int, totaal}}$

Maand	23.00-7.00 uur	7.00-17.00 uur	17.00-19.00 uur	19.00-23.00 uur
	[W]	[W]	[W]	[W]
oktober	266	1227	1175	805
november	210	778	1175	805
december	210	607	1175	805
januari	210	687	1175	805
februari	211	1022	1175	805
maart	273	1419	1212	805
April	433	1847	1440	805

Stookgrens

Om het aantal resultaten te beperken wordt nu verder gerekend met de gegevens van het gemiddelde appartement per variant.

Tabel b6.7

Variant1	23.00 – 7.00	7.00 - 17.00	17.00 - 19.00	19.00 – 23.00
Oktober	15,1	3,8	4,5	8,8
November	15,8	9,1	4,5	8,8
December	15,8	11,1	4,5	8,8
Januari	15,8	10,2	4,5	8,8
Februari	15,7	6,2	4,5	8,8
Maart	15,0	1,6	4,0	8,8
April	13,1	-3,4	1,4	8,8

Tabel b6.8

Isolatie niv. B	23.00 – 7.00	7.00 - 17.00	17.00 - 19.00	19.00 – 23.00
Oktober	14,5	1,9	2,6	7,5
November	15,2	7,8	2,6	7,5
December	15,2	10,1	2,6	7,5
Januari	15,2	9,0	2,6	7,5
Februari	15,2	4,6	2,6	7,5
Maart	14,4	-0,6	2,1	7,5
April	12,3	-6,2	-0,9	7,5

Tabel b6.9

Isolatie niv. C	23.00 – 7.00	7.00 - 17.00	17.00 - 19.00	19.00 – 23.00
Oktober	0,8	1,5	6,7	0,8
November	7,0	1,5	6,7	7,0
December	9,4	1,5	6,7	9,4
Januari	8,3	1,5	6,7	8,3
Februari	3,6	1,5	6,7	3,6
Maart	-1,9	1,0	6,7	-1,9
April	-7,8	-2,2	6,7	-7,8

Tabel b6.10

Isolatie niv. D	23.00 – 7.00	7.00 - 17.00	17.00 - 19.00	19.00 – 23.00
Oktober	13,4	-1,6	-0,8	5,0
November	14,3	5,4	-0,8	5,0
December	14,3	8,1	-0,8	5,0
Januari	14,3	6,8	-0,8	5,0
Februari	14,3	1,6	-0,8	5,0
Maart	13,3	-4,6	-1,4	5,0
April	10,8	-11,3	-4,9	5,0

Graaduren warmteverlies

Tabel b6.11

Isolatie niv. A	23.00 – 7.00	7.00 - 17.00	17.00 - 19.00	19.00 – 23.00
Oktober	1.807	0	0	0
November	2.582	681	0	400
December	3.052	2.048	23	623
Januari	3.484	2.208	118	823
Februari	3.144	571	53	688
Maart	2.994	0	0	556
April	1.984	0	0	285

Tabel b6.12

Isolatie niv. B	23.00 – 7.00	7.00 - 17.00	17.00 - 19.00	19.00 – 23.00
Oktober	1.662	0	0	0
November	2.461	292	0	240
December	2.927	1.720	0	457
Januari	3.359	1.844	3	657
Februari	3.030	112	0	538
Maart	2.847	0	0	390
April	1.788	0	0	125

Tabel b6.13

Isolatie niv. C	23.00 – 7.00	7.00 - 17.00	17.00 - 19.00	19.00 – 23.00
Oktober	1.577	0	0	0
November	2.389	63	0	145
December	1.577	0	0	0
Januari	3.285	1.631	0	559
Februari	2.963	0	0	450
Maart	2.761	0	0	293
April	1.672	0	0	31

Tabel b6.14

Isolatie niv. D	23.00 – 7.00	7.00 - 17.00	17.00 - 19.00	19.00 – 23.00
Oktober	1.396	0	0	0
November	2.237	0	0	0
December	2.696	1.116	0	153
Januari	3.128	1.177	0	352
Februari	2.821	0	0	263
Maart	2.577	0	0	86
April	1.427	0	0	0

Jaarlijks energiegebruik t.g.v. warmteverlies

Tabel b6.15

Omschrijving	Graad-uren [°h / a]	H _{Totaal} [W/K]	Warmtegebruik [kWh/a]
Isolatie niv. A	28.124	85,5	2.405
Isolatie niv. B	24.541	76,4	1.868
Isolatie niv. C	22.559	71,9	1.622
Isolatie niv. D	19.428	63,9	1.241

Tabel b6.16

Jaarlijks energiegebruik voor warm tapwater

Dagverbruik [kJ]	Tijdsduur [dagen/a]	Warmtegebruik [kWh/a]
30.000	365	3.042

Jaarlijks energieverlies t.g.v. transport

Bij de berekening van het energieverlies wordt ervan uitgegaan dat de transportleidingen het gehele jaar (8760 [h]) op temperatuur worden gehouden. De onderstaande tabel geeft de resultaten van de berekeningen van de verschillende transportleidingen weer.

Tabel b6.17

Resultaten energieverlies-
berekeningen voor de
transportleidingen

Omschrijving	Warmteverlies [kW]	Warmteverlies [kWh/a]
Transportleiding (PEX), 250 [m], DN 65 voorgeïsoleerd. (isolatie -serie 1) Temperatuurtraject: 120 - 70 [°C], grondtemperatuur: 10 [°C]. (referentie 1)	10,2	89.350
Transportleiding (kunststof), 250 [m], DN 80 <u>niet</u> geïsoleerd. Temperatuurtraject: 20 - 10 [°C], grondtemperatuur: 10 [°C]. (varianten 1 en 2)	5,0	43.800
Transportleiding (PEX), 250 [m], DN 110 voorgeïsoleerd. (isolatie -serie 1) Temperatuurtraject: 30 - 24 [°C], grondtemperatuur: 10 [°C]. (variant 3.1)	2,2	19.550

Jaarlijks energiegebruik Totaal

Tabel b6.18

Warmtegebruik per gebouw
[kWh/a]

Omschrijving	Warmteverlies apart. [kWh/a]	Warm tapwater [kWh/a]	Totaal [kWh/a]
Isolatie niv. A	384.800	486.720	871.520
Isolatie niv. B	298.880	486.720	785.600
Isolatie niv. C	259.520	486.720	746.240
Isolatie niv. D	198.560	486.720	685.280

BIJLAGE 7

Kostenoverzicht

Investeringskosten

De investeringskosten worden opgesplitst in 3 delen, te weten:

- De gebouw gebonden installaties en voorzieningen.
- De terreingebonden installaties (aquifer & terrein transportleidingen).
- De wegcollector.

Nogmaals dient te worden vermeldt dat de opgegeven investeringen betrekking hebben op de installatieonderscheidende componenten en bouwfysisch onderscheidende "componenten". Het betreft hier dus geen totaal investeringen maar om investeringsverschillen.

De gebouwgebonden installaties en voorzieningen

Tabel b7.1

Gebouwgebonden
investerings (referentie 1.1)

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Ventilatie-unit met HR-WTW	240.000	240.000	240.000	240.000
Indirect gestookte boiler 120 [litr.]	97.600	97.600	97.600	97.600
Vloerverwarming	426.400	426.400	426.400	426.400
Centrale TSA	21.000	21.000	19.000	19.000
Transportleidingen(warmte) in het gebouw	196.000	196.000	196.000	196.000
Beglazing	97.280	97.280	124.640	124.640
Isolatie (meer investering)	0	35.680	0	35.680
Totaal (referentie 1.1)	1.078.280	1.113.960	1.103.640	1.139.320
Subsidies (referentie 1.1)	0	0	0	0

Tabel h7.2

Gebouwgebonden
investerings (referentie 1.2)

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Ventilatie-unit met HR-WTW	240.000	240.000	240.000	240.000
Indirect gestookte boiler 120 [litr.]	97.600	97.600	97.600	97.600
Radiatoren	115.645	100.771	93.286	80.258
Centrale TSA	21.000	21.000	19.000	19.000
Transportleidingen(warmte) in het gebouw	196.000	196.000	196.000	196.000
Beglazing	97.280	97.280	124.640	124.640
Isolatie (meer investering)	0	35.680	0	35.680
Totaal (referentie 1.2)	767.525	788.331	770.526	793.178
Subsidies (referentie 1.2)	0	0	0	0

Tabel b7.3

Gebouwgebonden
investeringen (referentie 2.1)

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Ventilatie-unit met HR-WTW	240.000	240.000	240.000	240.000
HR combi-ketel 10,5 [kW] + 120 [litr.] boiler	320.000	320.000	320.000	320.000
Vloerverwarming	426.400	426.400	426.400	426.400
Transportleiding (gas) in het gebouw	98.000	98.000	98.000	98.000
Beglazing	97.280	97.280	124.640	124.640
Isolatie (meer investering)	0	35.680	0	35.680
Totaal (referentie 2.1)	1.181.680	1.217.360	1.209.040	1.244.720
Subsidies (referentie 2.1)	138.000	138.000	138.000	138.000

Tabel b7.4

Gebouwgebonden
investeringen (referentie 2.2)

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Ventilatie-unit met HR-WTW	240.000	240.000	240.000	240.000
HR combi-ketel 10,5 [kW] + 120 [litr.] boiler	320.000	320.000	320.000	320.000
Radiatoren	115.645	100.771	93.286	80.258
Transportleiding (gas) in het gebouw	98.000	98.000	98.000	98.000
Beglazing	97.280	97.280	124.640	124.640
Isolatie (meer investering)	0	35.680	0	35.680
Totaal (referentie 2.2)	870.925	891.731	875.926	898.578
Subsidies (referentie 2.2)	80.600	77.800	65.200	74.000

Tabel b7.5

Gebouwgebonden
investeringen (Variant 1.1)

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Ventilatie-unit met HR-WTW	240.000	240.000	240.000	240.000
Indirect gestookte boiler met E-element	113.600	113.600	113.600	113.600
Vloerverwarming	426.400	426.400	426.400	426.400
Centrale EWP	54.000	54.000	44.000	44.000
Transportleidingen(warmte) in het gebouw	196.000	196.000	196.000	196.000
Beglazing	97.280	97.280	124.640	124.640
Isolatie (meer investering)	0	35.680	0	35.680
Totaal (variant 1.1)	1.127.280	1.162.960	1.144.640	1.180.320
Subsidies (variant 1.1)	125.100	125.100	123.200	123.200

Tabel b7.6

Gebouwgebonden
investeringen (Variant 1.2)

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Ventilatie-unit met HR-WTW	240.000	240.000	240.000	240.000
Indirect gestookte boiler met E-element	113.600	113.600	113.600	113.600
Radiatoren	115.645	100.771	93.286	80.258
Centrale EWP	54.000	54.000	44.000	44.000
Transportleidingen(warmte) in het gebouw	196.000	196.000	196.000	196.000
Beglazing	97.280	97.280	124.640	124.640
Isolatie (meer investering)	0	35.680	0	35.680
Totaal (variant 1.2)	816.525	837.331	811.526	834.178
Subsidies (variant 1.2)	67.700	64.900	61.700	59.300

Tabel b7.7

Gebouwgebonden
investerings (Variant 2.1)

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Ventilatie-unit met HR-WTW	240.000	240.000	240.000	240.000
Lokale EWP + 120 [litr.] boiler	720.000	720.000	720.000	720.000
Vloerverwarming	426.400	426.400	426.400	426.400
Centrale TSA	3.900	3.600	3.600	3.100
Transportleidingen(warmte) in het gebouw	196.000	196.000	196.000	196.000
Beglazing	97.280	97.280	124.640	124.640
Isolatie (meer investering)	0	35.680	0	35.680
Totaal (variant 2.1)	1.683.580	1.718.960	1.710.640	1.745.820
Subsidies (variant 2.1)	248.300	248.300	248.300	248.300

Tabel b7.8

Gebouwgebonden
investerings (Variant 2.2)

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Ventilatie-unit met HR-WTW	240.000	240.000	240.000	240.000
Lokale EWP + 120 [litr.] boiler	720.000	720.000	720.000	720.000
Radiatoren	115.645	100.771	93.286	80.258
Centrale TSA	3.900	3.600	3.600	3.100
Transportleidingen(warmte) in het gebouw	196.000	196.000	196.000	196.000
Beglazing	97.280	97.280	124.640	124.640
Isolatie (meer investering)	0	35.680	0	35.680
Totaal (variant 2.2)	1.372.825	1.393.331	1.377.526	1.399.678
Subsidies (variant 2.2)	190.800	188.100	186.700	184.300

Tabel b7.9

Gebouwgebonden
investerings (Variant 3.1)

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Ventilatie-unit met HR-WTW	240.000	240.000	240.000	240.000
Lokale EWP + 120 [litr.] boiler	720.000	720.000	720.000	720.000
Thermische betonkern activering	368.000	334.400	318.400	288.000
Transportleidingen(warmte) in het gebouw	196.000	196.000	196.000	196.000
Centrale TSA	4.330	3.990	3.940	3.450
Beglazing	97.280	97.280	124.640	124.640
Isolatie (meer investering)	0	35.680	0	35.680
Totaal (variant 3.1)	1.625.610	1.627.350	1.602.980	1.607.770
Subsidies (variant 3.1)	237.500	231.300	228.400	222.700

Terreingebonden installaties

Met terreingebonden installaties worden bedoeld het bronnensysteem en de terreintransportleidingen naar het gebouw.

Tabel b7.10

Terreingebonden
investeringen, referentie 1.1 en
1.2 [euro]

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Transportleiding (PEX), 250 [m], DN 65, voorgeïsoleerd.	100.000	100.000	100.000	100.000
Totaal (referentie 1.1 en 1.2)	100.000	100.000	100.000	100.000
Subsidies (referentie 1.1 en 1.2)	0	0	0	0

Tabel b7.11

Terreingebonden
investeringen, referentie 2.1 en
2.2 [euro]

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Transportleiding gas, 250 [m] DN 80	60.000	60.000	60.000	60.000
Totaal (referentie 2.1 en 2.1)	60.000	60.000	60.000	60.000
Subsidies (referentie 2.1 en 2.2)	0	0	0	0

Tabel b7.12

Terreingebonden
investeringen, varianten 1.1 en
1.2 [euro]

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Aquifersysteem ($P_{aq} = 0,75 * P_{aansluit.}$)	148.000	136.000	130.000	120.000
Transportleiding (kunststof), 250 [m], DN 80, niet geïsoleerd	65.000	65.000	65.000	65.000
Totaal (varianten 1.1 en 1.2)	213.000	201.000	195.000	185.000
Subsidies (varianten 1.1 en 1.2)	27.400	25.200	24.100	22.200

Tabel b7.13

Terreingebonden
investeringen, varianten 2.1 en
2.2 [euro]

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Aquifersysteem ($P_{aq} = 0,75 * P_{aansluit.}$)	148.000	136.000	130.000	120.000
Transportleiding (kunststof), 1000 [m], DN 80, niet geïsoleerd	65.000	65.000	65.000	65.000
Totaal (varianten 2.1 en 2.2)	213.000	201.000	195.000	185.000
Subsidies (varianten 1.1 en 1.2)	27.400	25.200	24.100	22.200

Tabel b7.14

Terreingebonden
investeringen, variant 3.1 [euro]

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Aquifersysteem ($P_{aq} = 1,0 * P_{aansluit.}$)	178.000	163.000	155.000	141.000
Transportleiding (PEX), 1000 [m], DN 110, voorgeïsoleerd (dT = 6 [°C])	165.000	165.000	165.000	165.000
Totaal (variant 3.1)	343.000	328.000	320.000	306.000
Subsidies (variant 3.1)	32.900	30.200	28.700	26.100

Wegcollector

Bij het berekenen van de investeringskosten voor de wegcollector zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Investeringskosten ca 22,7 [€/m²]
- Warmteopbrengst van ca 50 [kWh/m².a] bij water verwarmen tot 30 [°C]
- Warmteopbrengst van ca 200 [kWh/m².a] bij water verwarmen tot 20 [°C]
- Bronrendement van 80 [%]

Tabel b7.15

Resultaten berekening
wegcollector voor variant 1.1
en 1.2 ($T_{\text{water}} = 20$ [°C])

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Warmtevraag verdamper EWP ($\epsilon-w = 4,0$) [kWh/a] (*)	653640	589200	559680	513960
Warmteverlies transportleidingen DN 80 [kWh/a]	175.200	175.200	175.200	175.200
Totale warmtebehoefte	828.840	764.400	734.880	689.160
Warmteopslag in de bron	1036050	955500	918600	861450
Oppervlak wegcollector [m ²]	5.180	4.778	4.593	4.307
Investering wegcollector per gebouw [euro]	117.592	108.449	104.261	97.775
Subsidies (varianten 1.1 en 1.2)	0	0	0	0

(*) 75 [%] van de totale warmtevraag van het gebouw

Tabel b7.16

Resultaten berekening
wegcollector voor variant 2.1
en 2.2 ($T_{\text{water}} = 20$ [°C])

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Warmtevraag verdamper EWP ($\epsilon-w = 4,0$) [kWh/a] (*)	653640	589200	559680	513960
Warmteverlies transportleidingen DN 80 [kWh/a]	175.200	175.200	175.200	175.200
Totale warmtebehoefte	828.840	764.400	734.880	689.160
Warmteopslag in de bron	1036050	955500	918600	861450
Oppervlak wegcollector [m ²]	5.180	4.778	4.593	4.307
Investering wegcollector per gebouw [euro]	117.592	108.449	104.261	97.775
Subsidies (varianten 2.1 en 2.2)	0	0	0	0

(**) 75 [%] van de totale warmtevraag van het gebouw

Tabel b7.17

Resultaten berekening
wegcollector voor variant 3.1
($T_{\text{water}} = 30$ [°C])

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Warmtevraag therm. betonkern act. [kWh/a] (**)	384.800	298.880	259.520	198.560
Warmtetoevoer EWP-boiler ($\epsilon-w = 4,0$) [kWh/a] (*)	365.040	365.040	365.040	365.040
Warmteverlies transportleidingen [kWh/a]	99.864	99.864	99.864	99.864
Totale warmtebehoefte	849.704	763.784	724.424	663.464
Warmteopslag in de bron	1.062.130	954.730	905.530	829.330
Oppervlak wegcollector [m ²]	21.243	19.095	18.111	16.587
Investering wegcollector per gebouw [euro]	482.207	433.447	411.111	376.516
Subsidies (variant 3.1)	0	0	0	0

(*) 75 [%] van de warmtevraag voor tapwaterbereiding van het gebouw.

(**) 100 [%] van de warmtevraag voor verwarming van het gebouw.

Opmerking:

De werkelijk benodigde opgeslagen bronwarmte zal kleiner zijn omdat in de zomer een gedeelte van de warmte direct naar de gebruiker wordt geleid.

Overzicht totale investeringen

Tabel b7.18

Totaal overzicht van de
investeringskosten per variant
(Nieuwbouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.1 (gebouwgebonden)	1.078.280	1.113.960	1.103.640	1.139.320
Referentie 1.1 (terreingebonden)	100.000	100.000	100.000	100.000
Aftrek van subsidies referentie 1.1	0	0	0	0
Referentie 1.1 (totaal)	1.178.280	1.213.960	1.203.640	1.239.320
Referentie 1.2 (gebouwgebonden)	767.525	788.331	770.526	793.178
Referentie 1.2 (terreingebonden)	100.000	100.000	100.000	100.000
Aftrek van subsidies referentie 1.2	0	0	0	0
Referentie 1.2 (totaal)	867.525	888.331	870.526	893.178
Referentie 2.1 (gebouwgebonden)	1.181.680	1.217.360	1.209.040	1.244.720
Referentie 2.1 (terreingebonden)	60.000	60.000	60.000	60.000
Aftrek van subsidies referentie 2.1	-138.000	-138.000	-138.000	-138.000
Referentie 2.1 (totaal)	1.103.680	1.139.360	1.131.040	1.166.720
Referentie 2.2 (gebouwgebonden)	870.925	891.731	875.926	898.578
Referentie 2.2 (terreingebonden)	60.000	60.000	60.000	60.000
Aftrek van subsidies referentie 2.2	-80.600	-78.000	-65.000	-74.000
Referentie 2.2 (totaal)	850.325	873.731	870.926	884.578
Variant 1.1 (gebouwgebonden)	1.127.280	1.162.960	1.144.640	1.180.320
Variant 1.1 (terreingebonden)	213.000	201.000	195.000	185.000
Variant 1.1 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 1.1	-152.500	-150.300	-147.300	-145.400
Variant 1.1 (totaal)	1.305.372	1.322.109	1.296.601	1.317.695
Variant 1.2 (gebouwgebonden)	816.525	837.331	811.526	834.178
Variant 1.2 (terreingebonden)	213.000	201.000	195.000	185.000
Variant 1.2 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 1.2	-95.100	-90.100	-85.800	-81.500
Variant 1.2 (totaal)	1.052.017	1.056.680	1.024.987	1.035.453
Variant 2.1 (gebouwgebonden)	1.683.580	1.718.960	1.710.640	1.745.820
Variant 2.1 (terreingebonden)	226.000	214.000	208.000	198.000
Variant 2.1 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 2.1	-275.700	-273.500	-272.400	-270.500
Variant 2.1 (totaal)	1.751.472	1.767.909	1.750.501	1.771.095
Variant 2.2 (gebouwgebonden)	1.372.825	1.393.331	1.377.526	1.399.678
Variant 2.2 (terreingebonden)	226.000	214.000	208.000	198.000
Variant 2.2 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 2.2	-218.200	-213.300	-210.800	-206.500
Variant 2.2 (totaal)	1.498.217	1.502.480	1.478.987	1.488.953
Variant 3.1 (gebouwgebonden)	1.625.610	1.627.350	1.602.980	1.607.770
Variant 3.1 (terreingebonden)	343.000	328.000	320.000	306.000
Variant 3.1 (wegcollector)	482.207	433.447	411.111	376.516
Aftrek van subsidies variant 3.1	-270.400	-261.500	-257.100	-248.800
Variant 3.1 (totaal)	2.180.417	2.127.297	2.076.991	2.041.486

Tabel b7.19

Meerinvesteringen ten opzichte
van referentie 1.1

(vloerverw. / nieuwbouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.1	0	0	0	0
Referentie 2.1	-74.600	-74.600	-72.600	-72.600
Variant 1.1	127.092	108.149	92.961	78.375
Variant 2.1	573.192	553.949	546.861	531.775
Variant 3.1	1.002.137	913.337	873.351	802.166

Tabel b7.20

Meerinvesteringen ten opzichte
van referentie 1.2

(radiatoren / nieuwbouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.2	0	0	0	0
Referentie 2.2	-17.200	-14.600	400	-8.600
Variant 1.2	184.492	168.349	154.461	142.275
Variant 2.2	630.692	614.149	608.461	595.775

Tabel b7.21

Meerinvesteringen ten opzichte
van referentie 2.1

(vloerverw. / nieuwbouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.1	74.600	74.600	72.600	72.600
Referentie 2.1	0	0	0	0
Variant 1.1	201.692	182.749	165.561	150.975
Variant 2.1	647.792	628.549	619.461	604.375
Variant 3.1	1.076.737	987.937	945.951	874.766

Tabel b7.22

Meerinvesteringen ten opzichte
van referentie 2.2

(radiatoren / nieuwbouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.2	17.200	14.600	-400	8.600
Referentie 2.2	0	0	0	0
Variant 1.2	201.692	182.949	154.061	150.875
Variant 2.2	647.892	628.749	608.061	604.375

Tabel b7.23

Totaal overzicht van de
investeringskosten per variant
(Renovatiebouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.1 (gebouwgebonden)	1.078.280	1.113.960	1.103.640	1.139.320
Referentie 1.1 (terreingebonden)	0	0	0	0
Aftrek van subsidies referentie 1.1	0	0	0	0
Referentie 1.1 (totaal)	1.078.280	1.113.960	1.103.640	1.139.320
Referentie 1.2 (gebouwgebonden)	767.525	788.331	770.526	793.178
Referentie 1.2 (terreingebonden)	0	0	0	0
Aftrek van subsidies referentie 1.2	0	0	0	0
Referentie 1.2 (totaal)	767.525	788.331	770.526	793.178
Referentie 2.1 (gebouwgebonden)	1.181.680	1.217.360	1.209.040	1.244.720
Referentie 2.1 (terreingebonden)	0	0	0	0
Aftrek van subsidies referentie 2.1	-138.000	-138.000	-138.000	-138.000
Referentie 2.1 (totaal)	1.043.680	1.079.360	1.071.040	1.106.720
Referentie 2.2 (gebouwgebonden)	870.925	891.731	875.926	898.578
Referentie 2.2 (terreingebonden)	0	0	0	0
Aftrek van subsidies referentie 2.2	-80.600	-78.000	-65.000	-74.000
Referentie 2.2 (totaal)	790.325	813.731	810.926	824.578
Variant 1.1 (gebouwgebonden)	1.127.280	1.162.960	1.144.640	1.180.320
Variant 1.1 (terreingebonden)	213.000	201.000	195.000	185.000
Variant 1.1 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 1.1	-152.500	-150.300	-147.300	-145.400
Variant 1.1 (totaal)	1.305.372	1.322.109	1.296.601	1.317.695
Variant 1.2 (gebouwgebonden)	816.525	837.331	811.526	834.178
Variant 1.2 (terreingebonden)	213.000	201.000	195.000	185.000
Variant 1.2 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 1.2	-95.100	-90.100	-85.800	-81.500
Variant 1.2 (totaal)	1.052.017	1.056.680	1.024.987	1.035.453
Variant 2.1 (gebouwgebonden)	1.683.580	1.718.960	1.710.640	1.745.820
Variant 2.1 (terreingebonden)	226.000	214.000	208.000	198.000
Variant 2.1 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 2.1	-275.700	-273.500	-272.400	-270.500
Variant 2.1 (totaal)	1.751.472	1.767.909	1.750.501	1.771.095
Variant 2.2 (gebouwgebonden)	1.372.825	1.393.331	1.377.526	1.399.678
Variant 2.2 (terreingebonden)	226.000	214.000	208.000	198.000
Variant 2.2 (wegcollector)	117.592	108.449	104.261	97.775
Aftrek van subsidies variant 2.2	-218.200	-213.300	-210.800	-206.500
Variant 2.2 (totaal)	1.498.217	1.502.480	1.478.987	1.488.953

Tabel b7.24

Meerinvesteringen ten opzichte
van referentie 1.1
(vloerverw. / renovatiebouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.1	0	0	0	0
Referentie 2.1	-34.600	-34.600	-32.600	-32.600
Variant 1.1	227.092	208.149	192.961	178.375
Variant 2.1	673.192	653.949	646.861	631.775

Tabel b7.25

Meerinvesteringen ten opzichte
van referentie 1.2
(radiatoren / renovatiebouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.2	0	0	0	0
Referentie 2.2	22.800	25.400	40.400	31.400
Variant 1.2	284.492	268.349	254.461	242.275
Variant 2.2	730.692	714.149	708.461	695.775

Tabel b7.26

Meerinvesteringen ten opzichte
van referentie 2.1
(vloerverw. / renovatiebouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.1	34.600	34.600	32.600	32.600
Referentie 2.1	0	0	0	0
Variant 1.1	261.692	242.749	225.561	210.975
Variant 2.1	707.792	688.549	679.461	664.375

Tabel b7.27

Meerinvesteringen ten opzichte
van referentie 2.2
(radiatoren / renovatiebouw)

Omschrijving	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Referentie 1.2	-22.800	-25.400	-40.400	-31.400
Referentie 2.2	0	0	0	0
Variant 1.2	261.692	242.949	214.061	210.875
Variant 2.2	707.892	688.749	668.061	664.375

Energiekosten

Uitgangspunten:

3. ϵ -w van de centrale EWP = 4,0 [kW/kW],
4. ϵ -w van de lokale combi-EWP en EWP-boiler = 4,0 [kW/kW],
5. ϵ -w van het aquifersysteem (laden en ontladen samen, incl collector) = 30,0 [kW/kW],
6. ϵ -w van het warmtetransport van stadsverwarming = 80,0 [kW/kW],
7. ϵ -w van het warmtetransport van bronwarmte = 80,0 [kW/kW],
8. Jaarrendement van een HR-combiketel = 80 [%] op bovenwaarde.
9. 1 [m³] aardgas = 9 [kWh_{th}]

Elektra en gasverbruiken**Tabel b7.28**

Totaal te transporteren warmte door terreinleidingen [kWh/a]

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Referentie 1	960.870	874.950	835.590	774.630
Referentie 2 (gas)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Variant 1	766.182	680.262	640.902	579.942
Variant 2	742.990	678.550	649.030	603.310
Variant 3	839.190	753.270	713.910	652.950

Tabel b7.29

Totale elektrische transportenergie t.b.v. terreinleidingen [kWh/a]

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Referentie 1	12.011	10.937	10.445	9.683
Referentie 2 (gas)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Variant 1	9.577	8.503	8.011	7.249
Variant 2	9.287	8.482	8.113	7.541
Variant 3	10.490	9.416	8.924	8.162

Tabel b7.30

Energieverbruik warmtevoorziening referentie 1.1 en 1.2

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Warmtegebruik [kWh _{th} /a]	871.520	785.600	746.240	685.280
Elektra verbruik transport	12.011	10.937	10.445	9.683

Opmerking:

de energiekosten voor gebruiker zijn gebaseerd op het warmtegebruik. Kosten voor verlies en transport is in de warmteprijs verwerkt.

Tabel b7.31

Energieverbruik warmtevoorziening referentie 2.1 en 2.2

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Primaire energie (aardgas)	1.089.400	982.000	932.800	856.600
Totale gasverbruik [m ³ /a]	121.044	109.111	103.644	95.178

Tabel b7.32

Energieverbruik
warmtevoorziening
Variant 1.1 en 1.2

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Elektragebruik centrale EWP ($\epsilon-w = 4,0$) [kWh/a]	217.880	196.400	186.560	171.320
Elektragebruik (na)verwarmen boilers	81.760	81.760	81.760	81.760
Elektra verbruik transport	9.577	8.503	8.011	7.249
Elektra verbruik (ont)laden bronnen	44.343	40.763	39.123	36.583
Totale elektra verbruik [kWh/a]	353.560	327.426	315.454	296.912

Tabel b7.33

Energieverbruik
warmtevoorziening
Variant 2.1 en 2.2

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Elektragebruik combi-EWP ($\epsilon-w = 4,0$) [kWh/a]	217.880	196.400	186.560	171.320
Elektra verbruik transport	9.287	8.482	8.113	7.541
Elektra verbruik (ont)laden bronnen	48.869	45.289	43.649	41.109
Totale elektra verbruik [kWh/a]	276.036	250.171	238.322	219.970

Opmerking:

Met het temperatuurtraject dat we nu hebben ingezet 30/24 [°C] zal de transportenergie eigenlijk nog iets hoger liggen

Tabel b7.34

Energieverbruik
warmtevoorziening
Variant 3.1

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Elektragebruik EWP-boiler ($\epsilon-w = 4,0$) [kWh/a]	121.680	121.680	121.680	121.680
Elektra verbruik transport	10.490	9.416	8.924	8.162
Elektra verbruik (ont)laden bronnen	48.869	45.289	43.649	41.109
Totale elektra verbruik [kWh/a]	181.039	176.385	174.253	170.951

Opmerking:

Voor verwarming via thermische activering van de betonkern is verder geen extra energie meer in rekening gebracht.

Tabel b7.35

Overzicht energiegebruik
(gebruiker)

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Warmtegebruik [kWh/a] (referentie 1.1 1.2)	871.520	785.600	746.240	685.280
Totale gasverbruik [m³/a] (referentie 2.1 en 2.2)	121.044	109.111	103.644	95.178
Totale elektra verbruik [kWh/a] (variant 1.1 en 1.2)	353.560	327.426	315.454	296.912
Totale elektra verbruik [kWh/a] (variant 2.1 en 2.2)	276.036	250.171	238.322	219.970
Totale elektra verbruik [kWh/a] (variant 3.1)	181.039	176.385	174.253	170.951

Energiekosten

Uitgaande van energietarieven van:

Omschrijving	Energietarieven
Referentie 1.1 en 1.2	Warmte: 0,03 [euro/kWh _{th}] Aansluitkosten: 40 [%] van warmtegebruik
Referentie 2.1 en 2.2	Gas: 0,31 [euro/m ³], Elektra: 0,109 [euro/kWh]
Variant 1.1 en 1.2	Elektra: 0-10.000 [kWh]: Elektra: 0,109 [euro/kWh] 10.000-50.000 [kWh]: Elektra: 0,061 [euro/kWh] 50.000-10 ⁷ [kWh]: Elektra: 0,047 [euro/kWh]
Variant 2.1 en 2.2	Elektra: 0,109 [euro/kWh]
Variant 3.1	Elektra: 0,109 [euro/kWh]

Opmerking:

Bij referentiesituatie 1 (stadsverwarming) zijn de energieprijzen en de aansluitkosten op ruimtegebruik gebaseerd. Transportverlies komen in rekening voor de energieleverancier. Bij referentie 2 (aardgas) zijn geen aansluitkosten verdisconteerd omdat deze relatief gering zijn.

Tabel h7.36

Energiekosten op jaarbasis

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Referentie 1 warmte [euro/a]	36.604	32.995	31.342	28.781
Referentie 2 [euro/a]	37.524	33.824	32.130	29.505
Variant 1 [euro/a]	17.797	16.569	16.006	15.135
Variant 2 [euro/a]	30.088	27.269	25.977	23.977
Variant 3 [euro/a]	19.733	19.226	18.994	18.634

Opmerking:

De hoge energiekosten van variant 2 worden veroorzaakt door de energie-inkoop tarieven welke voor algemeen (klein)verbruik beduidend hoger liggen dan bij een collectieve inkoop.

Tabel b7.37

Jaarlijkse verschil energie-
kosten t.o.v. referentie 1
[euro/a]

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Referentie 1 warmte [euro/a]	0	0	0	0
Referentie 2 [euro/a]	920	829	788	724
Variant 1.1 en 1.2 [euro/a]	-18.807	-16.426	-15.336	-13.646
Variant 2.1 en 2.2 [euro/a]	-6.516	-5.726	-5.365	-4.804
Variant 2.3 [euro/a]	-16.871	-13.769	-12.348	-10.147

Tabel b7.38

Jaarlijkse verschil in energie-
kosten t.o.v. referentie 2
[euro/a]

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Referentie 1 warmte [euro/a]	-920	-829	-788	-724
Referentie 2 [euro/a]	0	0	0	0
Variant 1.1 en 1.2 [euro/a]	-19.727	-17.255	-16.124	-14.370
Variant 2.1 en 2.2 [euro/a]	-7.436	-6.555	-6.153	-5.528
Variant 2.3 [euro/a]	-17.791	-14.598	-13.136	-10.871

*CO₂-reductie en Primaire energie besparing***Tabel b7.39**Totaal benodigde energie voor
warmteopwekking & levering

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Totale geleverde warmte [kWh/a] (referentie 1)	960.870	874.950	835.590	774.630
Totale elektra verbruik [kWh/a] (referentie 1)	12.011	10.937	10.445	9.683
Totale gasverbruik [m ³ /a] (referentie 2)	121.044	109.111	103.644	95.178
Totale elektra verbruik [kWh/a] (variant 1)	397.195	367.839	354.391	333.563
Totale elektra verbruik [kWh/a] (variant 2)	325.392	296.036	282.588	261.760
Totale elektra verbruik [kWh/a] (variant 3)	229.192	221.316	217.708	212.120

Tabel b7.40Primaire energiegebruik voor
warmte opwekking en levering

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Primaire energiegebruik (referentie 1)	386.510	351.949	336.116	311.595
Primaire energiegebruik (referentie 2)	1.186.231	1.069.288	1.015.711	932.744
Primaire energiegebruik (variant 1)	945.324	875.457	843.451	793.880
Primaire energiegebruik (variant 2)	774.433	704.566	672.559	622.989
Primaire energiegebruik (variant 3)	545.477	526.732	518.145	504.846

Tabel b7.41Reductie van primair energie
gebruik t.o.v. Referentie 1
[kWh/a]

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Reductie primaire energiebesparing (referentie 1)	0	0	0	0
Reductie primaire energiegebruik (referentie 2)	-799.721	-717.339	-679.595	-621.149
Reductie primaire energiegebruik (variant 1)	-558.814	-523.508	-507.334	-482.285
Reductie primaire energiegebruik (variant 2)	-387.923	-352.617	-336.443	-311.394
Reductie primaire energiegebruik (variant 3)	-158.967	-174.783	-182.029	-193.250

Tabel b7.42Reductie van primair energie
gebruik t.o.v. Referentie 2
[kWh/a]

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Reductie primaire energiebesparing (referentie 1)	799.721	717.339	679.595	621.149
Reductie primaire energiegebruik (referentie 2)	0	0	0	0
Reductie primaire energiegebruik (variant 1)	240.907	193.831	172.261	138.864
Reductie primaire energiegebruik (variant 2)	411.798	364.722	343.152	309.756
Reductie primaire energiegebruik (variant 3)	640.754	542.556	497.566	427.899

Tabel b7.43Reductie CO₂ –emissie t.o.v.
referentie 1

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Reductie CO ₂ – emissie (referentie 1)	0	0	0	0
Reductie CO ₂ – emissie (referentie 2)	-189.925	-170.360	-161.396	-147.516
Reductie CO ₂ – emissie (variant 1)	-132.712	-124.327	-120.486	-114.537
Reductie CO ₂ – emissie (variant 2)	-92.127	-83.743	-79.902	-73.953
Reductie CO ₂ – emissie (variant 3)	-37.753	-41.509	-43.230	-45.895

Tabel b7.44Reductie CO₂ –emissie t.o.v.
referentie 2

Omschrijving	Isolatie niveau A	Isolatie niveau B	Isolatie niveau C	Isolatie niveau D
Reductie CO ₂ – emissie (referentie 1)	189.925	170.360	161.396	147.516
Reductie CO ₂ – emissie (referentie 2)	0	0	0	0
Reductie CO ₂ – emissie (variant 1)	57.213	46.033	40.910	32.979
Reductie CO ₂ – emissie (variant 2)	97.798	86.617	81.495	73.564
Reductie CO ₂ – emissie (variant 3)	152.172	128.851	118.166	101.621

Terugverdientijd**Referentie 1****TABEL B7.28**

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 1.1 [a]
(vloerverw. / nieuwbouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.1 (meerinvestering)	127.092	108.149	92.961	78.375
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	18.807	16.426	15.336	13.646
Terugverdientijd	7	7	6	6
Variant 2.1 (meerinvestering)	573.192	553.949	546.861	531.775
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	6.516	5.726	5.365	4.804
Terugverdientijd	88	97	102	111
Variant 3.1 (meerinvestering)	1.002.137	913.337	873.351	802.166
Variant 3.1 (besparing)	16.871	13.769	12.348	10.147
Terugverdientijd	59	66	71	79

Tabel b7.45

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 1.1 [a]
(vloerverw. / renovatiebouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.1 (meerinvestering)	227.092	208.149	192.961	178.375
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	18.807	16.426	15.336	13.646
Terugverdientijd	12	13	13	13
Variant 2.1 (meerinvestering)	673.192	653.949	646.861	631.775
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	6.516	5.726	5.365	4.804
Terugverdientijd	103	114	121	132

Tabel b7.46

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 1.2 [a]
(radiatoren / nieuwbouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.2 (meerinvestering)	184.492	168.349	154.461	142.275
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	18.807	16.426	15.336	13.646
Terugverdientijd	10	10	10	10
Variant 2.2 (meerinvestering)	630.692	614.149	608.461	595.775
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	6.516	5.726	5.365	4.804
Terugverdientijd	97	107	113	124

Tabel b7.47

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 1.2 [a]
(radiatoren / renovatiebouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.2 (meerinvestering)	284.492	268.349	254.461	242.275
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	18.807	16.426	15.336	13.646
Terugverdientijd	15	16	17	18
Variant 2.2 (meerinvestering)	730.692	714.149	708.461	695.775
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	6.516	5.726	5.365	4.804
Terugverdientijd	112	125	132	145

Referentie 2

TABEL B7.28

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 2.1 [a]
(vloerverw. / nieuwbouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.1 (meerinvestering)	201.692	182.749	165.561	150.975
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	19.726	17.255	16.123	14.370
Terugverdientijd	10	11	10	11
Variant 2.1 (meerinvestering)	647.792	628.549	619.461	604.375
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	7.436	6.556	6.153	5.528
Terugverdientijd	87	96	101	109
Variant 3.1 (meerinvestering)	1.076.737	987.937	945.951	874.766
Variant 3.1 (besparing)	17.790	14.598	13.136	10.872
Terugverdientijd	61	68	72	80

Tabel b7.48

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 2.1 [a]
(vloerverw. / renovatiebouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.1 (meerinvestering)	261.692	242.749	225.561	210.975
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	19.726	17.255	16.123	14.370
Terugverdientijd	13	14	14	15
Variant 2.1 (meerinvestering)	707.792	688.549	679.461	664.375
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	7.436	6.556	6.153	5.528
Terugverdientijd	95	105	110	120

Tabel b7.49

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 2.2 [a]
(radiatoren / nieuwbouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.2 (meerinvestering)	201.692	182.949	154.061	150.875
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	19.726	17.255	16.123	14.370
Terugverdientijd	10	11	10	10
Variant 2.2 (meerinvestering)	647.892	628.749	608.061	604.375
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	7.436	6.556	6.153	5.528
Terugverdientijd	87	96	99	109

Tabel b7.50

Terugverdientijd t.o.v.
referentie 2.2 [a]
(radiatoren / renovatiebouw)

	Isolatie niv. A	Isolatie niv. B	Isolatie niv. C	Isolatie niv. D
Variant 1.2 (meerinvestering)	261.692	242.949	214.061	210.875
Variant 1.1 en 1.2 (besparing)	19.726	17.255	16.123	14.370
Terugverdientijd	13	14	13	15
Variant 2.2 (meerinvestering)	707.892	688.749	668.061	664.375
Variant 2.1 en 2.2 (besparing)	7.436	6.556	6.153	5.528
Terugverdientijd	95	105	109	120

BIJLAGE 8

Wegcollector Oppervlak

Het totaal beschikbare collectoroppervlak is 150.000 [m²]. Afhankelijk van de gewenste opwarming van het water en de warmtebehoefte van een gebouw kunnen er meer of minder gebouwen op deze duurzame energiebron worden aangesloten. Onderstaande tabellen geven het benodigde oppervlak per gebouw en het aantal aan te sluiten gebouwen weer.

Tabel h8.1

Benodigde collectoroppervlak
per gebouw [m²]

Omschrijving	Isolatie niv.	Isolatie niv.	Isolatie niv.	Isolatie niv.
	A	B	C	D
Variant 1.1 en 1.2	5.290	4.887	4.703	4.417
Variant 2.1 en 2.2	23.875	22.264	21.526	20.383
Variant 2.3	26.280	24.132	23.148	21.624

Tabel h8.2

Aantal gebouwen aan te
sluiten op wegcollector [-]

Omschrijving	Isolatie niv.	Isolatie niv.	Isolatie niv.	Isolatie niv.
	A	B	C	D
Variant 1.1 en 1.2	28	31	32	34
Variant 2.1 en 2.2	6	7	7	7
Variant 2.3	6	6	6	7

BIJLAGE 9

Energie prestatie normering

Voor de verschillende varianten zijn Energie prestatie berekeningen uitgevoerd. De resultaten zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Alternatief	Omschrijving	Isolatie	Verwarmings- Lichaam	Q primair Verwarming	Verw Q _{hulp energie}	Tapwater	Ventilatie	Verlichting	Totaal	Toelaatbaar	EPC
Ref 1.2	Stadsverwarming	Goed	Radiator	1.761.995	0	1.831.783	620.308	902.564	5.116.650	6.156.200	0,84
Ref 1.1	Stadsverwarming	Goed	Vloerverwarming	1.673.896	0	1.831.783	620.308	902.564	5.028.551	6.156.200	0,82
Ref 1.2	Stadsverwarming	Beter	Radiator	767.146	0	1.831.783	620.308	902.564	4.121.801	6.156.200	0,67
Ref 1.1	Stadsverwarming	Beter	Vloerverwarming	728.789	0	1.831.783	620.308	902.564	4.083.444	6.156.200	0,67
Ref 2.2	Individuele HR ketels	Goed	Radiator	1.987.892	375.138	2.802.360	620.308	902.564	6.688.262	6.156.200	1,09
Ref 2.1	Individuele HR ketels	Goed	Vloerverwarming	1.888.498	375.138	2.802.360	620.308	902.564	6.588.868	6.156.200	1,08
Ref 2.2	Individuele HR ketels	Beter	Radiator	865.498	375.138	2.802.360	620.308	902.564	5.565.868	6.156.200	0,91
Ref 2.1	Individuele HR ketels	Beter	Vloerverwarming	822.223	375.138	2.802.360	620.308	902.564	5.522.593	6.156.200	0,90
Var 1.1	Centrale WP	Goed	Vloerverwarming	1.384.425	162.462	1.395.117	620.308	902.564	4.464.876	6.156.200	0,73
Var 1.1	Centrale WP	Beter	Vloerverwarming	602.757	162.462	1.395.117	620.308	902.564	3.683.208	6.156.200	0,60
Var 1.2	Centrale WP	Goed	Radiator	1.457.289	162.462	1.395.117	620.308	902.564	4.537.740	6.156.200	0,74
Var 1.2	Centrale WP	Beter	Radiator	634.482	162.462	1.395.117	620.308	902.564	3.714.933	6.156.200	0,61
Var 2.1	Individuele WP	Goed	Vloerverwarming	1.315.204	162.462	2.003.320	620.308	902.564	5.003.858	6.156.200	0,82
Var 2.1	Individuele WP	Beter	Vloerverwarming	572.620	162.462	2.003.320	620.308	902.564	4.261.274	6.156.200	0,70
Var 2.2	Individuele WP	Goed	Radiator	1.384.425	162.462	2.003.320	620.308	902.564	5.073.079	6.156.200	0,83
Var 2.2	Individuele WP	Beter	Radiator	602.757	162.462	2.003.320	620.308	902.564	4.291.411	6.156.200	0,70
Var 3.1	Wegcollector	Goed	Betonactivering	0	324.923	2.003.320	620.308	902.564	3.851.115	6.156.200	0,62
Var 3.1	Wegcollector	Beter	Betonactivering	0	324.923	2.003.320	620.308	902.564	3.851.115	6.156.200	0,62

Opmerkingen:

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Referentie 1: er is geen extra hulpenergie opgenomen en warmtelevering door derden.
- Varianten 1.1 t/m 3.1: zonnecollector opgenomen van 320m² (2m²/appart) zuidwest met een helling van 30°
- Varianten 1.1 t/m 3.1: warmtepomp aangesloten op grondwater.

Voor variant 3.1 is de primaire energie t.b.v. verwarming niet meegeteld maar wel hulpenergie t.b.v. de verwarming (pomp)

