

Leeghwaterstraat 44
2628 CA Delft
Postbus 6012
2600 JA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 22 00
F +31 88 866 06 30

TNO-rapport

TNO 2021 R10097

Openbaar eindrapport TKI RenoDouche - Renovatiepakket voor aardgasloos douchen

Datum	28 januari 2021
Auteur(s)	ir. P. Jacobs ing. O. Vijlbrief dr.ir. C. Lelieveld
Aantal pagina's	35 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	RVO
Projectnaam	
Projectnummer	060.34880

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

Samenvatting

Het doel van het project was om drie prototype badkamer renovatiepakketten te ontwikkelen en deze in zes huurwoningen te plaatsen voor het wat betreft warmtapwater aardgasloos of aardgasloos-ready maken van deze huurwoningen. In het hieraan voorafgaande TKI project MEED is een geïsoleerde gesloten douchecabine ontwikkeld met daarin geïntegreerd een hoogrendement douchewarmtewisselaar en een 10 liter boiler waarmee 70% energiebesparing op douchen wordt bereikt. Op basis hiervan is in dit project de RenoDouche doorontwikkeld.

Door DEKRA is een elektrotechnische veiligheidsinspectie uitgevoerd. Vervolgens is het ontwerp op een aantal punten aangepast zodat deze aan de eisen van CE keur voldoet. Door KIWA is de douchewarmtewisselaar wat betreft drinkwater veiligheid onderzocht en is een KIWA product certificaat toegekend.

Conform de NTA 8800 rekenmethode levert de RenoDouche ten opzichte van een warmtepomp met buffervat een energiebesparing op warmtapwater van 20%. Deze energiebesparing wordt bereikt door de hoge mate van warmteterugwinning en de veel lagere stilstandsverliezen van de kleine 10 liter boiler. Ten opzichte van elektrische boilers wordt zelfs een energiebesparing bereikt van 41 tot 62%. Op basis van investeringsramingen en energiekosten zijn de totale kosten voor warmtapwater over een periode van 10 jaar bepaald. Voor zowel een vier- als een tweepersoonshuishouden heeft de RenoDouche de laagste kosten voor warm tapwater bereiding.

De plaatsing van de RenoDouches is succesvol verlopen en kan in bewoonde toestand worden uitgevoerd. Wat betreft het elektrische vermogen dient bij kleine woningen, met 1 x 35 A aansluiting , rekening gehouden te worden met het aanvragen van een zwaardere aansluiting en de daarvoor noodzakelijke doorlooptijd. Voor grootschalige uitrol wordt aanbevolen om samen met installateurs te onderzoeken hoe de installatietijd verder kan worden verkort. In het project is een monitoringsinfrastructuur opgezet om na het project de energiebesparing en het gebruikersgedrag te bepalen. Deze monitoring en optimalisatie van de installatietijd zal plaatsvinden in het IEBB programma (TEUE919003) met de RWU (Regioplatform Woningcorporaties Utrecht). De eerste bewoners ervaringen met de RenoDouche zijn positief. Het douchecomfort wordt positief beoordeeld en de badkamer wordt minder vochtig.

De RenoDouche is naast bij renovatie ook bij uitstek geschikt voor toepassing in nieuwbouwwoningen met een lage warmtevraag voor ruimteverwarming of aangesloten op een laag temperatuur warmtenet. Voor deze woningen die in de toekomst veel meer dan nu voor zullen komen is een warmtepomp een relatief dure investering. Ook vereist een dergelijke warmtepomp met bijbehorend opslagvat voor warmtapwater een ruimtebeslag van circa 1,5 m². De RenoDouche kan met name in kleine woningen relatief veel ruimtewinst opleveren.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Gegevens project.....	4
2	Inleiding	5
2.1	Aanleiding en probleemstelling.....	5
2.2	Doelstelling	6
2.3	Werkwijze en leeswijzer	6
3	WP 1 Programma van Eisen	7
3.1	Werkwijze	7
3.2	Resultaat.....	8
4	WP 2 Concepten voor warmtapwaterbereiding	10
4.1	Werkwijze	10
4.2	Warmtapwaterbereiding bij vervanging elektrische boilers	10
4.3	Warmtapwater in portiekflats	11
4.4	Warmtapwater in all-electric eengezinswoning	12
4.5	Energiebesparing en totale kosten over 10 jaar	13
5	WP 3 Kennisvragen RenoDouche.....	15
5.1	Werkwijze	15
5.2	Integratie RenoDouche in bouwkundige badkamerrenovatie	15
5.3	Warmwaterlevering aan wastafel in badkamer	17
5.4	Verhogen vermogen close-in boiler.....	17
5.5	Eisen aan het drinkwater	18
6	WP 4 Badkamerrenovatie en plaatsing RenoDouche	21
6.1	Werkwijze	21
6.2	Evaluatie plaatsing.....	22
6.3	Plaatsing Vidomes	22
6.4	Gebruikersenquête	24
7	Discussie	25
8	Conclusies en aanbevelingen	26
9	Ondertekening	27
	Bijlage(n)	
	A Foto's geïnstalleerde RenoDouches	
	B RenoDouche gebruikersinstructie en enquête	

1 Gegevens project

Projectnummer: TEUE18037

Projecttitel: RenoDouche - Renovatiepakket voor aardgasloos douchen

Penvoerder: TNO

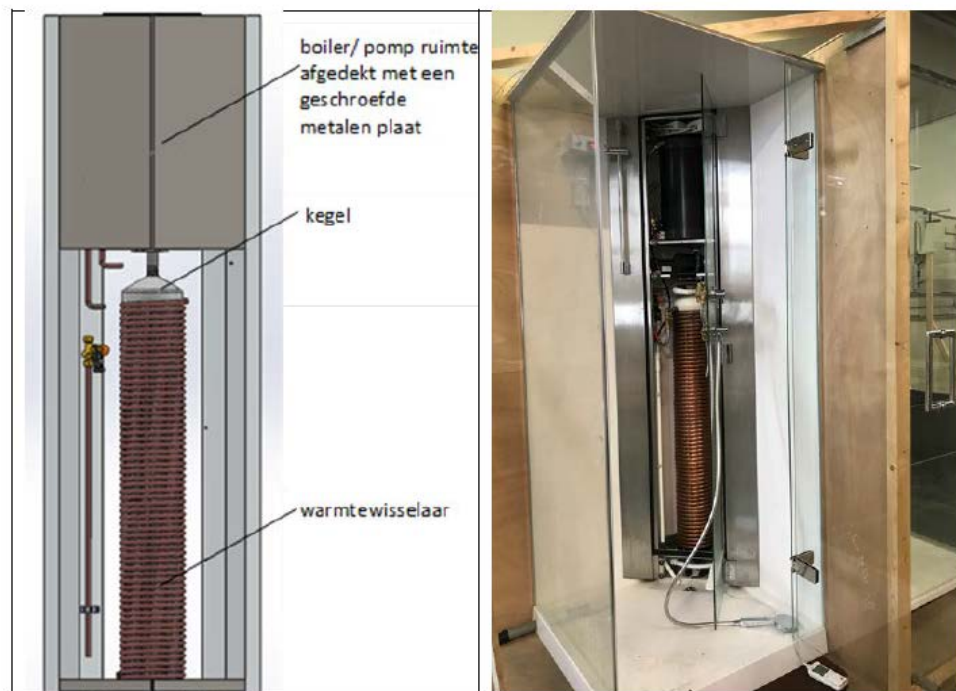
Medeaanvragers: Beterbad Productie
Hametech
Vestia
Vidomes
Groenwest

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

2 Inleiding

2.1 Aanleiding en probleemstelling

Er worden in Nederland door woningcorporaties jaarlijks circa 75.000 badkamerrenovaties uitgevoerd, wat bij aanname van een gemiddelde prijs van 5000 euro naar schatting 375 miljoen euro kost. Dit betreft vrijwel altijd vervanging van het sanitair (douche, wc, tegels) zonder dat er energetische verbetering ten aanzien van warmtapwaterbereiding optreedt. Zeker gezien het hoge budget biedt dit mogelijkheden bij het gasloos maken als bij de badkamerrenovatie gelijktijdig ook de warmwater bereiding wordt meegenomen. Bij renovatieconcepten wordt nog relatief weinig aandacht besteed aan energiebesparing bij warmtapwaterbereiding. Veelal zijn de installaties gericht op lage temperatuur ruimteverwarming omdat dan het rendement van warmtepompen het hoogst is. Het vermogen van warmtepompen is beperkt, waardoor relatief grote opslagvaten noodzakelijk zijn, wat kostbare ruimte inneemt in vaak krappe huurwoningen. In het TKI project MEED¹ (Multifunctionele Energie Efficiënte Douchecabine) is een geïsoleerde gesloten douchecabine ontwikkeld met daarin geïntegreerd een hoogrendement warmtewisselaar waarmee 70% energiebesparing op douchen wordt bereikt, zie Figuur 1.



Figuur 1 Links: 3D-tekening van MEED installatiekolom, waarbij de elektrische compartimenten met een boiler en pomp zijn afgedekt met een metalen plaat. Rechts: laboratorium model van douchecabine met geopende installatiekolom.

Het douchewater wordt vanuit het doucheputje omhoog gepompt en stroomt aan de buitenzijde van de spiraal warmtewisselaar omlaag. Aan de binnenkant van de

¹ <https://repository.tudelft.nl/view/tno/uuid:40223d15-7eac-4637-9c60-78f6837680a5>

warmtewisselaar wordt drinkwater opgewarmd en zowel naar de koudwater poort van de thermostaatkraan als naar een inwendige boiler geleid. In deze 10 liter boiler wordt het water elektrisch verwarmd tot circa 65 °C en dit water wordt in de thermostaatkraan bijgemengd.

Welke aanpassingen, zowel aan de MEED als aan de woning, zijn noodzakelijk om de MEED toepasbaar te maken voor de specifieke situaties bij woningcorporaties en welke energiebesparing wordt daarmee bereikt?

2.2 Doelstelling

Het doel van het project is om drie prototype badkamer renovatiepakketten te ontwikkelen en in huurwoningen te plaatsen voor het aardgasloos of aardgasloos-ready maken van huurwoningen. Hiertoe wordt de in TKI project MEED ontwikkelde Douchecabine verbeterd en geschikt gemaakt voor renovatietoepassingen. Doelstelling van deze RenoDouche is om met de hoogrendement douchewarmtewisselaar 75% van de warmte uit het douchewater terug te winnen. In het project is een monitoringsinfrastructuur opgezet om na het project de energiebesparing en het gebruikersgedrag te bepalen. Tijdens en na het project zijn en worden de concepten en monitoringsresultaten breed verspreid onder woningcorporaties. Doel is om binnen vijf jaar na afloop van het project 39000 huurwoningen wat betreft warmtapwater aardgasloos te maken.

2.3 Werkwijze en leeswijzer

Het project is als volgt opgebouwd:

In werkpakket 1 (hoofdstuk 3) is het Programma van Eisen (PvE) voor drie typische situaties opgesteld.

In werkpakket 2 (hoofdstuk 4) zijn concepten voor warmtapwaterbereiding ontwikkeld. De MEED is met drie woningcorporaties ontwikkeld tot de RenoDouche die in drie renovatieconcepten zal worden ingezet: warmtapwater bij de vervanging van elektrische boilers (Vidomes), warmtapwater bij NOM renovatie portiekflats (Vestia) en warmtapwater in all-electric eengezinswoningen (Groenwest). Naast energiebesparing is ook onderzocht hoe kostenbesparingen, verkorting van doorlooptijd, vermindering van overlast bij de bouwkundige renovatie en beperking van het schimmelrisico in badkamers kunnen worden gerealiseerd.

In werkpakket 3 (hoofdstuk 5) is voor de doorontwikkeling een aantal essentiële openstaande kennisvragen beantwoord. Deze kennisvragen zijn tijdens werksessies met de partners en installateurs van de woningcorporaties vastgesteld.

In werkpakket 4 (hoofdstuk 6) zijn bij elke woningcorporatie in 2 huurwoningen RenoDouches geplaatst, in totaal betreft het dus 6 pilotwoningen. In de douchecabines is ook monitoringsapparatuur aangebracht waarmee na afloop van dit project de monitoring gedurende een jaar zal worden voortgezet om het effect van verschillende seizoenen en eventueel optredende vervuiling op de werking en energiebesparing te bepalen.

3 WP 1 Programma van Eisen

3.1 Werkwijze

Tijdens de kick-off op 18 februari 2019 is de ontwikkeling van de MEED/RenoDouche toegelicht en is een eerste demonstratie gegeven voor alle betrokken projectpartners, zie Figuur 2. De boiler was hierbij nog niet in de douchecabine gemonteerd. Deze lag los op het dak van de douchecabine en bestond uit twee commercieel verkrijgbare 2 kW 5 liter boilers in serie. Binnen werkpakket 3 zijn de integratie en de boilerkeuze verder opgepakt.



Figuur 2 RenoDouche projectteam tijdens bezichtiging douchecabine bij kick-off bij Beter Bad.

Door middel van verschillende werksessies met de woningcorporaties is het Programma van Eisen vormgegeven. Hierin werden de kaders geschetst van de typische woningvoorraad en werd er daarbij gedacht aan verschillende oplossingsrichtingen. De werksessies werden binnen de woningcorporaties uitgebreid met installateurs en veiligheidsexperts. Hierdoor werd een helder beeld geschapen van de benodigde aanpassingen en kennisvragen voor werkpakket 2 en 3. Door samen te werken met de experts uit het veld, kwamen praktische vragen naar voren die verwerkt zijn in het Programma van Eisen en verder zijn beschreven in werkpakket 4.

3.2 Resultaat

Op de kick-off is het concept Programma van Eisen besproken en vastgesteld, zie Tabel 1.

De belangrijkste wijziging ten opzichte van de MEED was het verkleinen van de afmetingen van de cabine van 100 x 100 naar 90 x 90 cm. Doordat in de sociale huursector vrij krappe badkamerruimten zijn, waar ook de wasmachine geplaatst wordt, is het belangrijk om de douchecabine zo compact mogelijk te houden. Daarnaast lag bij Vidomes de wens om ook de warmwatervoorziening van de wastafel via de RenoDouche te realiseren. Een andere wens was om ter plaatse van de cabine op tegelwerk te kunnen besparen.

Omdat veel woningen aan ouderen worden verhuurd, is het van groot belang dat de instap van de douchebak zo laag mogelijk is. Eventueel kan de douchebak (deels) in de vloer worden verzonken.

Twee voorwaarden die later in het project door de woningcorporaties werden gesteld voor het in gebruik nemen door huurders was een gegarandeerde elektrische veiligheid (via KEMA of CE) en drinkwaterveiligheid (KIWA).

Tabel 1 Programma van Eisen voor RenoDouche voor de drie verschillende toepassingen.

	Vidomes	Vestia	Groen West
Toepassing	Flatwoning, vervanging 130 l elektrische boiler	Portiekflats	Eengezinswoningen op weg naar (bijna) NOM
Plaatsing bij	Badkamerrenovatie (vervangen tegelwerk & douche)	renovatie naar all-electric woningen, alternatief voor WP met 150 l voorraadvat	Mutatie + woningrenovatie
Voeding	2 x 230 16 A	2 x 230 16 A	2 x 230 16 A
Minimale waterdruk [barg]	2	2	2
CW [# liter 40 °C/minuut]	3 (10 liter/min.)	3 (10 liter/min.)	3 (10 liter/min.)
Schoonmaak warmtewisselaar water filter	1 x per 3 maanden 1 x week	1 x per 3 maanden 1 x week	1 x per 3 maanden 1 x per week
Opstap douchebak	Zo laag mogelijk	Zo laag mogelijk	Zo laag mogelijk
Cabine Afmetingen (L x B x H)	90 x 90 x 235 cm	90 x 90 x 235 cm	90 x 90 x 235 cm
Warmwater voorziening	Wastafel badkamer	-	-

4 WP 2 Concepten voor warmtapwaterbereiding

4.1 Werkwijze

In dit werkpakket hebben we voor de drie verschillende woningtypologieën de warmtapwater concepten uitgewerkt. Hierbij is ook gekeken naar het besparingspotentieel voor de aanscherping van de businesscase. Daarbij zijn de energiebesparing en de totale kosten over een periode van 10 jaar en de terugverdientijd in beeld gebracht.

4.2 Warmtapwaterbereiding bij vervanging elektrische boilers

In de Waterbuurt in Zoetermeer heeft Vidomes een viertal qua bouwtype vergelijkbare flats in beheer met in totaal ruim 500 woningen. Deze woningen zijn momenteel voor de warmwatervoorziening uitgerust met een elektrische 120 l boiler die in de keuken hangt, zie Figuur 3. Van hieruit worden de warmwater tappunten in de badkamer en keuken voorzien.



Figuur 3 Bestaande situatie, 120 l elektrische boiler tussen keukenkastjes.

Volgens [Milieucentraal](#) zorgt elektrische tapwaterverwarming bij een gemiddeld huishouden (2,2 personen) voor een stroomrekening van 370 euro per jaar en is hiermee een dure oplossing voor de bewoners. Bij berekening conform de nieuwe energieprestatienorm NTA 8800 bedraagt de stroomrekening zelfs bijna 600 euro per jaar. Vanwege kostbare wijzigingen in het leidingverloop en grote warmteverliezen bij een collectief warm tapwatersysteem is het financieel niet haalbaar om de tapwaterbereiding op de collectieve verwarming aan te sluiten. Om de gebruikskwaliteit van de woning te verhogen is de mogelijkheid reeds onderzocht om de boiler naar de berging te verplaatsen. De hoge kosten hiervan, circa 1300 euro per woning, maakten dit niet tot een realistische oplossing. Daarom is de RenoDouche een interessante oplossing voor de warmwatervoorziening. Naast de energie-efficiency is door de plaatsing van de boiler in de douche-unit ook minder leidingwerk nodig.

Vanuit de RenoDouche kan ook warmtapwater worden geleverd aan de wastafel in de badkamer en aan de keuken. Omdat het pilots betreft heeft Vidomes besloten om de boiler in de keuken voorlopig te handhaven. Voor de huurders zou het verwijderen van deze 120 liter boiler financieel interessant zijn, omdat het een

huurboiler van Eneco betreft waarvoor ze elke maand 15 euro afdragen. Meer onderbouwing voor de financieel en energetisch meest interessante situatie wordt in paragraaf 4.5 gegeven.

In de woningen waar de RenoDouche zou worden geplaatst werd voorafgaande aan de pilot de hele badkamer gerenoveerd. Hierbij behoort ook vervangen van het tegelwerk in de hele badkamer en de betegelde douche. In principe is het mogelijk om ter plaatse van de RenoDouche te besparen op het tegelwerk. Om maximale flexibiliteit te behouden heeft Vidomes besloten om voor de pilots toch de gehele badkamer te laten betegelen. Bij grootschalige renovatieprojecten kunnen deze kosten bespaard worden.

4.3 Warmtapwater in portiekflats

In de Haagse wijk Moerwijk Oost loopt bij Vestia een negental projecten om portiekflatwoningen (3 tot 4 verdiepingen hoog) NOM ready te krijgen. Deze portiekwoningen worden in de periode 2019 – 2021 gerenoveerd. Het woonoppervlak van deze woningen is typisch 60 m². De woningen worden aan de buitenzijde met EPS (Rc waarde 7) met steenstrips ingepakt. De beglazing wordt vervangen door triple beglazing. Verwarming vond plaats middels een moederhaard in de woonkamer en radiatoren in de overige kamers. De moederhaard is verwijderd en vervangen door een CV-ketel in de keuken op de plaats waar zich oorspronkelijk de gasgeiser bevond, zie Figuur 4.



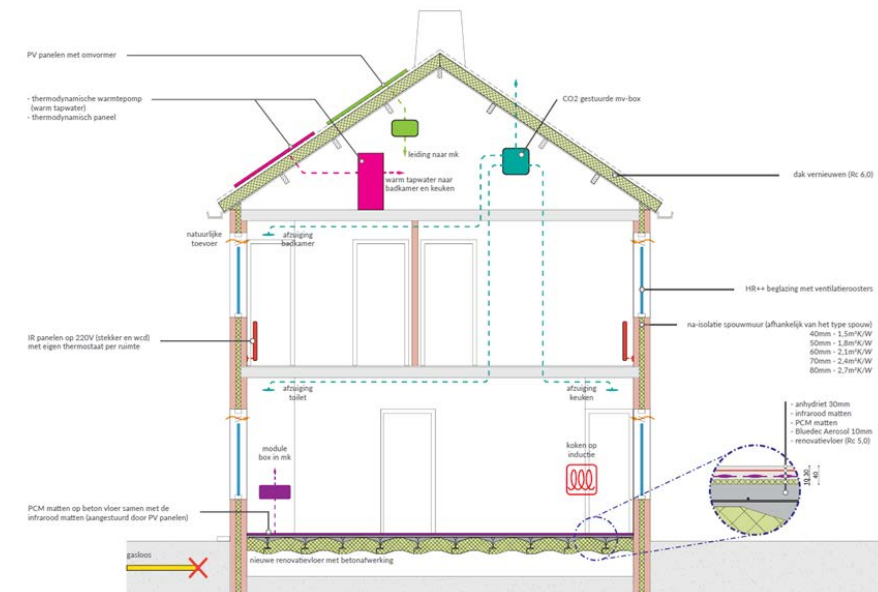
Figuur 4 Portiek flatwoningen in Moerwijk Oost na renovatie: links EPS gevel met steen strips, rechts CV-ketel voor verwarming en warmtapwater.

Warmtapwater zou bijvoorbeeld kunnen worden opgewekt met een ventilatie warmteboiler. Nadeel van een dergelijk concept voor portiekwoningen is het relatief grote volume en daarmee gerelateerde ruimtegebruik van de 150 - 200 liter grote boiler en het elektrisch energiegebruik voor stilstandsverliezen. Omdat het

appartementen betreft, kan de huidige pijp in pijp douchewarmteterugwinning, die op de verdieping onder de badkamer wordt geplaatst, niet worden toegepast. Een optie is een douchegoot WTW; deze zijn echter vaak moeilijk in de vloer in te bouwen en hebben een beperkt rendement. Zeker in deze appartementen is de RenoDouche dus een interessante nieuwe mogelijkheid voor warmwaterbereiding en het voldoen aan de NOM ready eisen.

4.4 Warmtapwater in all-electric eengezinswoning

Circa 70% van het woningbestand van Groenwest in Woerden bestaat uit eengezinswoningen. Groenwest is op zoek naar de invulling van de warmtapwater voorziening bij all-electric renovatie, zie Figuur 5. Bij deze renovatie worden 26 tot 28 PV-panelen op het dak geplaatst. Uitgangspunt is ook om de uitwisseling met het elektriciteitsnet te minimaliseren. Daartoe wordt geëxperimenteerd met lintverwarming in combinatie met Phase Change Materials (PCM) op de begane grond. Op de verdieping wordt met Infra Rood (IR) panelen verwarmd. Warmtapwaterbereiding vindt plaats met behulp van een warmtepomp met thermodynamische panelen. Voordeel van dergelijke panelen is dat ze vergeleken met een conventionele buitenunit geen lawaai maken. Wel nemen ze dakoppervlak in, echter in principe kunnen PV-panelen over de thermodynamische panelen worden geplaatst. Een andere optie is elektrische warmwaterbereiding in een compacte elektrische PCM boiler. In de tweede pilot bij GroenWest is de RenoDouche hierop aangesloten.



Figuur 5 All-electric renovatieconcept GroenWest.

De RenoDouche is voor deze woningtypologie interessant, door het voordeel van de lagere stilstandsverliezen door een veel kleinere waterbuffer en door de warmteterugwinning. Hierdoor wordt een elektriciteitsbesparing van circa 20% behaald, zie paragraaf 4.5. Deze besparing is ook in het kader van toekomstige aanpassingen van de huidige salderingsregeling van belang.

4.5 Energiebesparing en totale kosten over 10 jaar

Om de toepassing van de RenoDouche te onderbouwen is het belangrijk om naast de energiebesparing de totale kosten inzichtelijk te maken. Vooral omdat ingrepen voor verduurzaming (gedeeltelijk) worden doorberekend aan de huurder.

4.5.1 Energiebesparing

In Tabel 2 worden de energiebesparingen vermeld voor de RenoDouche in vergelijking met de drie concepten voor warmtapwaterbereiding uit voorgaande paragrafen. Deze berekeningen zijn conform NTA 8800 zijn uitgevoerd.

De hoogste energiebesparing wordt bereikt ten opzichte van de elektrische boiler. Dit komt doordat deze voor het leveren van warmtapwater en het continue op temperatuur houden van de 120 liter waterbuffer elektrische weerstandsverwarming gebruikt. De hoogste besparing van 62% wordt bereikt door de RenoDouche in combinatie met een plintboiler in de keuken, omdat dan leidingverliezen worden vermeden en dan conform NTA 8800 zowel in de badkamer als in de keuken een afgifterendement van 100% kan worden toegepast.

De RenoDouche in combinatie met een plintboiler in de keuken heeft ten opzichte van een warmtepomp met buffervat een energiebesparing van 20% op warmtapwaterbereiding. Deze energiebesparing wordt bereikt door de hoge mate van warmteterugwinning en de veel lagere stilstandsverliezen. Zonder plintboiler in de keuken is het energiegebruik van de RenoDouche hoger dan de warmtepompen (negatieve besparing). Dit komt door de leidingverliezen naar de keuken.

Tabel 2 Energiebesparing RenoDouche ten opzichte van warmtapwaterbereiding met elektrische boiler, ventilatiewarmtepomp en thermodynamische warmtepomp.

	RenoDouche	RenoDouche + plintboiler in keuken	RenoDouche zonder 10 liter boiler	RenoDouche zonder boiler en cabine
Elektrische boiler	41%	62%	34%	31%
Ventilatiewarmtepomp	- 24%	20%	32%	29%
Thermodynamische warmtepomp	- 24%	20%	32%	29%

De twee rechterkolommen van Tabel 2 betreffen een RenoDouche variant waarbij de RenoDouche zonder boiler is uitgevoerd. Het warmwater wordt dan voorzien vanuit de elektrische boiler, de ventilatiewarmtepomp of een thermodynamische warmtepomp elders in de woning. In dat geval bedraagt de besparing 29-34%. De RenoDouche kan ook zonder cabine worden geleverd, dan neemt de energiebesparing af door hogere verdampingsverliezen.

4.5.2 Totale kosten over 10 jaar

Tabel 3 en Tabel 4 geven voor respectievelijk een vier- en een tweepersoonshuishouden de totale kosten over een periode van 10 jaar en omvatten naast de investering of huurkosten ook de energiekosten. Onderhoudskosten zijn vooralsnog weggelaten omdat hier nog geen informatie over beschikbaar is.

Voor beide huishoudens heeft de RenoDouche de laagste kosten voor warmtapwaterbereiding. Vergeleken met de warmtepompen zijn de

investeringskosten en de energiekosten lager bij de RenoDouche. Hierdoor is de RenoDouche direct goedkoper in gebruik. Vergeleken met de elektrische boiler zijn de investeringskosten hoger. Door de lagere energiekosten zijn deze hogere kosten in geval van een vier- en een tweepersoonshuishouden na respectievelijk 4 en 7 jaar terugverdiend. Hierbij is bij renovatie een besparing op tegels en sanitair aangehouden van 600 euro.

Tabel 3 Totale kosten voor 10 jaar warmtapwater voor een 4 persoonshuishouden.

	Investing [Euro]	Energie kosten per jaar [Euro]	Totale kosten na 10 jaar [Euro]
RenoDouche met keuken plintboiler	4200	400	8200
Elektrische boiler	-	1230*	12300
Ventilatie warmtepomp	4300	500	9300
Thermodynamische warmtepomp	5200	500	10200

*1050 euro voor elektriciteit en 180 euro voor boilerhuur

Tabel 4 Totale kosten voor 10 jaar warmtapwater voor een 2 persoonshuishouden.

	Investing [Euro]	Energie kosten per jaar [Euro]	Totale kosten na 10 jaar [Euro]
RenoDouche met keuken plintboiler	4200	230	6500
Elektrische boiler	-	750*	7500
Ventilatie warmtepomp	4300	250	6800
Thermodynamische warmtepomp	5200	250	7700

*570 euro voor elektriciteit en 180 euro voor boilerhuur

4.5.3 Investeringskosten voor warmtapwater en ruimteverwarming

De RenoDouche is zowel qua energiebesparing als investering een interessant alternatief wat betreft warmtapwaterbereiding. Om de toepasbaarheid bij het all-electric renovatieconcept van GroenWest te beschouwen, is het van belang om ook de ruimteverwarming te beschouwen en oriënterend de vergelijking te maken met het in Nederland veel toegepaste concept bestaande uit een bodemwarmtepomp met buffervat.

Een bodemwarmtepomp kost inclusief installatie circa 12500 euro. Aangenomen wordt dat de warmtevraag van de gerenoveerde woning 4000 kWh per jaar bedraagt. Bij een COP van 4 voor ruimteverwarming en een COP van 2,4 voor warmtapwater is jaarlijks zonder douche-WTW 3200 kWh elektrische energie vereist voor een vierpersoonshuishouden. Om dit op te wekken is een investering in PV-panelen van circa 3500 euro noodzakelijk. De totale investeringskosten bedragen dan 16000 euro. Het alternatieve renovatiepakket, de RenoDouche (circa 4000 euro) in combinatie met elektrische ruimteverwarming (circa 4000 euro) vereist 5818 kWh elektrische energie per jaar. Om dit op te wekken is een investering in PV-panelen van circa 6000 euro noodzakelijk. De totale investeringskosten bedragen dan 14000 euro. Conclusie is dat met name in goed geïsoleerde woningen met een lage warmtevraag de RenoDouche in combinatie met elektrische verwarming en PV-panelen een aantrekkelijk alternatief is.

5 WP 3 Kennisvragen RenoDouche

5.1 Werkwijze

Uit werkpakket 1 en 2 kwamen belangrijke kennisvragen naar boven. De installatietechnische vragen zijn gezamenlijk door TNO, Beter Bad en Hametech beantwoord. De bouwkundige vragen zijn samen met de woningcorporaties en hun aannemers en installateurs beantwoord, zodat de montage van de RenoDouche zo optimaal gerealiseerd kon worden. De installatietechnische vragen zijn door middel van experimenten en stapsgewijze aanpassingen ingevuld. De bouwkundige vragen zijn door middel van werksessies met de aannemers en installateurs uitgewerkt. Daarbij hebben verschillende bijeenkomsten plaatsgevonden waarbij de aannemers, de installateurs en de producenten van de RenoDouche (BeterBad, Hametech) en TNO aanwezig waren. Zo konden bij de oplossing van de technische vragen ook meteen de bouwkundige oplossingen getoetst worden. Deze sessies werden ook gebruikt om inzicht te verkrijgen in de mogelijke risico's en om vragen te beantwoorden over montage en inpassing.

In dit hoofdstuk wordt een aantal voor de doorontwikkeling essentiële kennisvragen beantwoord:

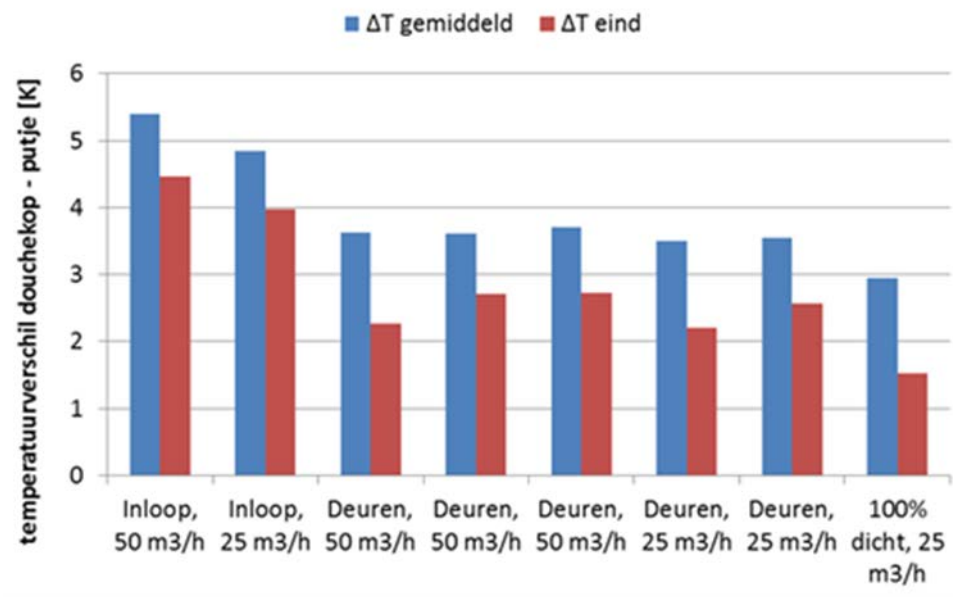
1. Hoe kan plaatsing van de douchecabine optimaal worden geïntegreerd met de bouwkundige badkamerrenovatie?
2. Kan ook warm water worden geleverd aan de wastafel en de keuken?
3. Hoe kan het vermogen van de close-in boiler worden verhoogd naar 6 kW?
4. Hoe kan aan de vereiste drinkwaterveiligheid worden voldaan?

5.2 Integratie RenoDouche in bouwkundige badkamerrenovatie

In het RenoDouche overleg met de woningcorporaties en producenten is de vraag gekomen of, indien de badkamer klein is, de hele badkamer als geïsoleerde douchecabine kan worden gebruikt. Mogelijk levert dit voordelen op, omdat dan de wandbekleding over de tegels direct doorloopt in de cabine. En wat is dan het effect van isolerende wandafwerking?

Om eventuele voordelen van een doorlopende wandbekleding te beoordelen, is door Groenwest een sessie georganiseerd met twee onderaannemers en het RenoDouche team. Conclusie was dat het doorlopen van de geïsoleerde platen wat betreft snelheid nadelen biedt, omdat dit meer afstemming vereist.

De andere vraag is of het wat betreft warmteverlies mogelijk is om de gehele badkamer als geïsoleerde douchecabine te gebruiken. In het TKI project MEED is het warmteverlies tijdens douchen voor verschillende configuraties in het TNO lab onderzocht. Deze experimenten waren onder andere uitgevoerd in een ruimte met afmetingen 2,5 x 2,5 x 2,3 meter (lengte x breedte x hoogte). De wanden van de ruimte bestonden uit 10 cm dikke PUR panelen met aan beide zijden een dunne laag ijzer. De isolatiewaarde van deze panelen is relatief hoog: $R_c = 4,5 \text{ (m}^2\text{K)/W}$. Figuur 6 toont voor 8 minuten douchen het gemiddelde temperatuurverlies tussen douchekop en putje en het temperatuurverlies aan het eind van de 8 minuten. 1 K temperatuurverlies komt overeen met 700 W warmteverlies. De inlopdouche heeft gemiddeld een bijna twee maal zo hoog energieverlies en na 8 minuten douchen zelfs een drie maal hoger energieverlies dan een dichte douchecabine (100% dicht).



Figuur 6 Energieverlies bij 8 minuten douchen, uitgedrukt in temperatuurdaling tussen douchekop en putje voor diverse omstandigheden. De metingen zijn uitgevoerd zonder de aanwezigheid van een persoon in de douchecabine.

Hierbij dienen ook de verliezen te worden opgeteld omdat door de warmtewisselaar niet alle warmte wordt teruggewonnen. Daarnaast is er vaak extra warmteverlies door de douchende persoon:

- Door bijvoorbeeld het wassen van haren spat er meer water op de wanden, wat extra afkoeling geeft.
- Indien op hoge temperatuur (bijvoorbeeld 41 °C) wordt gedoucht, zal je lichaam (ca. 37 °C) ook warmte opnemen.

Beide effecten tezamen bleken in de experimenten tot circa 1 kW extra warmteverlies te kunnen leiden. Alle verliezen zijn in Tabel 5 opgeteld.

Tabel 5 Vergelijking energieverliezen inloopdouche met een dichte douchecabine.

Energieverliezen (kW)	Inloopdouche		100% dichte cabine	
	8 l/min	10 l/min	8 l/min	10 l/min
Verlies douchecabine	3,1	3,1	1,06	1,06
Verlies douche-WTW	3,3	4,2	3,34	4,18
Extra spatten en/of heet douchen	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - 1
Totaal verlies	6,4 - 7,4	7,3 - 8,3	4,4 - 5,4	5,2 - 6,2

Conclusie

Indien geen cabine wordt toegepast, neemt, zelfs in een kleine badkamer waarin de wanden met hoogwaardig isolatiemateriaal zijn bekleed, het benodigde elektrische vermogen met ca. 40% toe. Hierdoor wordt de cabine niet alleen energetisch minder efficiënt, maar komt het benodigde vermogen ook boven het maximaal te leveren vermogen van twee elektrische groepen, wat de praktische toepassing sterk beperkt. De conclusie is dat een douchecabine de beste efficiency geeft. Daarom is besloten om de optie van een gehele badkamerbekleding niet verder op te pakken binnen dit project.

5.3 Warmwaterlevering aan wastafel in badkamer

Uit de energiebesparingsberekeningen in paragraaf 4.5 blijkt dat, uitgaande van warmwaterlevering met een elektrische boiler, de grootste energetische besparing wordt bereikt indien de RenoDouche de badkamer van warmwater voorziet en in de keuken een plintboiler wordt gemonteerd. In dit geval worden de leidingverliezen geminimaliseerd. Om deze situatie mogelijk te maken, is een variant ontwikkeld waarbij na de 10 liter boiler met een T-stuk warm water uit de installatiekolom naar de wastafel kan worden geleid. Deze variant is toegepast bij de tweede pilot bij Vidomes, zie Figuur 7.



Figuur 7 Aansluiting warmwaterkraan bij de wastafel in de badkamer op RenoDouche (Vidomes 2).

5.4 Verhogen vermogen close-in boiler

Om toepassing van aardgasloos douchen bij renovatie mogelijk te maken, is het een groot voordeel als de douchecabine als stand-alone unit kan werken. Hiervoor is het noodzakelijk om het elektrisch vermogen van circa 6 kW te installeren in een 10 liter boiler. Het vinden van een boiler met een dergelijk vermogen en klein formaat was een zoektocht. Er bleek geen product beschikbaar te zijn dat aan de specificaties voldeed. Na een aantal gesprekken met Nederlandse leveranciers van boilers bleek dat in de markt hiervoor geen kant-en-klare oplossing beschikbaar was en dat de volumes voor hen op dat moment te klein waren om een speciaal ontwikkeltraject op te starten. Uiteindelijk was dit voor Hametech aanleiding om zelf een boiler vaatje te maken. Beter Bad heeft een speciale regelprint laten ontwerpen voor de aansturing van de elektrische elementen. Voor de toepassing in dit project, met een kleine oplage, was dit een goede oplossing. Voor verdere opschaling is het belangrijk dat er een geschikte boiler wordt gevonden of ontwikkeld. Dit wordt verder opgepakt in het IEBB project 3.4 *Opschaling en industrialisatie RenoDouche*.

5.4.1 *Elektrische veiligheid en CE keur*

De woningcorporaties zijn verantwoordelijk voor de veiligheid van de installaties. Om deze reden is in het project veel aandacht besteed aan elektrische veiligheid en drinkwaterveiligheid.

Op 11 november 2019 heeft DEKRA (voormalig KEMA) een veiligheidsinspectie uitgevoerd op de RenoDouche bij Beter Bad in Dronten. Deze visuele inspectie is op basis van de volgende NEN normen uitgevoerd:

- IEC/EN 60335-1 Huishoudelijke en soortgelijke toestellen – Veiligheid – Deel 1 – Algemene eisen
- IEC/EN 60335-2 Huishoudelijke en soortgelijke toestellen – Veiligheid – Deel 2 – Bijzondere eisen voor boilers

Naar aanleiding van deze visuele inspectie is een aantal aandachtspunten benoemd die vervolgens zijn verbeterd. Beter Bad heeft voor CE keur in het kader van de *Low voltage electrical equipment, Directive 2014/35/EU* het ontwerp ook getoetst aan EN 60335-2-105:2005 *Bijzondere eisen voor multifunctionele douchecellen*.

Naast de elektrische veiligheid van het apparaat is het van belang dat de douche goed wordt geïnstalleerd en dat de aansluitingen veilig zijn aangelegd. Denk hierbij aan een goed werkende aarding en of de locatie van de perilex wandcontactdoos voldoet aan de NEN 1010 zone-indeling. Hiervoor is in samenwerking met de installateur van GroenWest een montagechecklist opgesteld.

5.5 **Eisen aan het drinkwater**

5.5.1 *Voorkomen terugstroming verontreinigd drinkwater*

Beter Bad en TNO hebben intensief contact gehad met KIWA ten aanzien van de drinkwatereisen voor het aansluiten van een zogenoemd gevaarlijk toestel op het drinkwaternet. Het gaat er hierbij om te voorkomen dat verontreinigingen het drinkwaternet in kunnen stromen in geval van een calamiteit, bijvoorbeeld het wegvallen van de drinkwaterdruk. Conform waterwerkblad 3.8 (december 2015) kan dit risico voldoende worden verkleind door het toepassen van een dubbelwandige warmtewisselaar in combinatie met een controleerbare terugstroombeveiliging in de aanvoerleiding van het drinkwater. Conform ISSO publicatie 30.4

Warmteterugwinning uit douchewater (2008) is het ook mogelijk om in plaats van een dubbelwandige warmtewisselaar een enkelwandige warmtewisselaar te gebruiken in combinatie met een atmosferische onderbreking naar de binnenriolering. Met deze luchtpouw tussen de riolafvoer en de warmtewisselaar wordt voorkomen dat rioolwater het drinkwater kan besmetten. KIWA heeft in juni 2019 aangegeven dat de Werkgroep Beveiliging Toestellen de intentie heeft om akkoord te gaan met een warmtewisselaar met enkele scheiding in combinatie met een 'air break to drain' op het afvalwatersysteem. Deze toezegging gaf de woningcorporaties voldoende zekerheid om met de inbouw van de RenoDouche in te stemmen. Wel heeft dit tot een aanzienlijke tijdvertraging van het project geleid, Uiteindelijk is per 1-1-2021 op basis van Kiwa beoordelingsrichtlijn BRL-K656 een KIWA product certificaat toegekend.

5.5.2 *Voorkomen van opwarming van drinkwater*

Om legionella te voorkomen geeft NEN 1006 aan dat het water in de warmtewisselaar binnen 45 minuten moet zijn afgekoeld tot onder 25 °C. Om dit zeker te stellen wordt de warmtewisselaar circa 40 minuten na de laatste

douchebeurt circa 30 seconden doorgespoeld met drinkwater door het openen van een elektrisch aangestuurde klep. Om te voorkomen dat de pomp in werking treedt wordt dit spoelwater direct naar de riolering afgevoerd. Hiermee wordt voorkomen dat lang na het douchen de pomp in werking treedt, wat geluidoverlast kan geven. De drinkwateraansluiting bevindt zich aan de bovenzijde van de douchecabine, zie Figuur 8. Hier bevindt zich ook de temperatuursensor die de drinkwatertemperatuur monitort. Door het warmteverlies van de boiler kan deze enkele graden opwarmen. Uit de temperatuur monitoringsdata blijkt dat het gunstig is als de ventilatieafvoer van de badkamer zich boven de cabine bevindt, zie Figuur 8. De geforceerde doorstroming voorkomt opwarming van de drinkwateraansluiting boven de cabine, deze temperatuur is vergelijkbaar met de luchttemperatuur in de badkamer.



Figuur 8 Vidomes 1, ventilatieafvoer en drinkwateraansluiting boven douchecabine. Op de rechterfoto is de afwerkplint met daarboven een luchtspleet zichtbaar.

In de tweede pilot bij Vidomes was de ventilatieafvoer niet boven de cabine gesitueerd. Hier was de drinkwater aanvoer (koudwater) temperatuur circa 4 K hoger dan de temperatuursensoren van Doucheput/Douchekop/WTW, die indien de douche niet wordt gebruikt, verondersteld worden vergelijkbaar te zijn aan de luchttemperatuur in de badkamer. Vervolgens is daar de voorzetplint bovenop de cabine verwijderd. Hierna bleek de temperatuurstijging van de drinkwateraanvoer beperkt te zijn tot 0,5 K. Conclusie is dat de ruimte boven de douchecabine niet afgewerkt mag worden met een voorzetplint, tenzij deze ruimte door aanwezigheid van de ventilatieafvoer geforceerd wordt doorstroomd. Het is ook mogelijk om in plaats van een luchtspleet tussen afwerkplint en plafond een niet op een kanaal aangesloten 'loos' ventiel in de afwerkplint te plaatsen, zie Figuur 9.



Figuur 9 GroenWest, 'loos' ventilatieventiel in afwerkplint.

6 WP 4 Badkamerrenovatie en plaatsing RenoDouche

6.1 Werkwijze

Het vinden van een geschikte locatie en de plaatsing is uitgevoerd in nauwe samenwerking met alle partners. Na het afstemmen van een geschikte locatie hebben de woningcorporaties voor een goede voorbereiding gezorgd. De plaatsing van de RenoDouches is een pilotproject; dit betekent dat de verantwoordelijkheden voor de plaatsing en het functioneren duidelijk in beeld gebracht moeten worden. Met alle partners is een Verantwoordelijkhedenmatrix opgesteld.

Voorafgaand aan de plaatsing hebben de woningbouwcorporaties installateurs opdracht gegeven om de benodigde aansluitingen aan te leggen. Om installatiefouten te voorkomen is de *Montagechecklist RenoDouche* ontwikkeld.

Voor dit project is afgesproken dat BeterBad de plaatsing realiseert van de RenoDouches. Voor de opschaling is het gewenst dat de aannemer en de installateur van de woningcorporaties zelf de douches kunnen plaatsen. Dit versnelt het proces. Daarom heeft de installateur van Groenwest meegekeken bij de plaatsing van de douches.

De plaatsing van de RenoDouche kan in bewoonde toestand worden uitgevoerd. In verband met uitharding van kit kost de plaatsing twee werkdagen. De huurder kan op de eerste dag voorafgaande aan de plaatsing douchen en op de tweede dag direct na de oplevering.

Voor dit project is gewerkt met zogenaamde mutatiewoningen. Dit zijn tijdelijk leegstaande woningen die opgeknapt worden, waarna ze weer in de verhuur komen. Voor deze pilot is het ideaal dat er met mutatiewoningen werd gewerkt, zodat er ervaring opgedaan kon worden met de inbouw en er minder tijdsdruk op de realisatie zat bij mogelijke tegenslagen.

Voorafgaand aan de plaatsing in zes huurwoningen (2 woningen per concept) zijn door Beter Bad en Hametech zes exemplaren van het prototype douchecabine gebouwd.

Omdat de cabines met name bij mutatie zijn geplaatst, waarna dus nieuwe huurders in de woning zouden komen, was het niet zinvol om vooraf als referentie het warmtapwatergebruik vast te leggen door monitoring van kWh meterstanden of gasverbruik in de zomer. Om de energiebesparing te bepalen is een structuur voor monitoring aangelegd om na het project gedurende een jaar het energiegebruik te bepalen. Deze monitoring zal in het kader van het IEBB project 3.4 *Opschaling en industrialisatie RenoDouche* worden uitgevoerd.

Voor de huurders is een gebruikersinstructie opgesteld met een enquête voor de evaluatie van het gebruik van de RenoDouche (zie bijlage B).

6.2 Evaluatie plaatsing

Tabel 6 geeft een overzicht van de verschillende plaatsingen. In Bijlage A zijn foto's van de geplaatste RenoDouches vermeld. Bij Vidomes 2 is de wastafel in de badkamer ook op de warmwaterboiler van de RenoDouche aangesloten. In de tweede pilot bij GroenWest is de RenoDouche zonder 10 liter boiler geleverd. De RenoDouche is in deze woning op een compacte PCM boiler aangesloten.

Tabel 6 Overzicht woning-, installatie- en bewonerskenmerken

	Type woning	Plaatsing	Bewoond sinds	# bewoners	Ventilatie afvoer in cabine
Vidomes 1	3 kamer app	8/9 juni	25 aug.	2	Ja
Vidomes 2	2 kamer app	23/24 juni	11 nov.	1	Nee
GroenWest 1	Eengezins	14/15 okt.	¹	-	Ja
GroenWest 2	Eengezins	13/14 jan. 2021	¹	-	Ja
Vestia 1	Portiek 1 ^e etage.	26/27 nov	²	1 – 2	Ja
Vestia 2	Portiek 3 ^e etage	26/27 nov	³	-	Ja

¹Proefwoning van GroenWest

²In gebruik als ruilwoning bij renovatie

³In gebruik als directiewoning bij renovatie

De plaatsing zelf in de woningen verliep voorspoedig. Wat betreft de voorbereidingen kwamen een paar punten van aandacht naar voren:

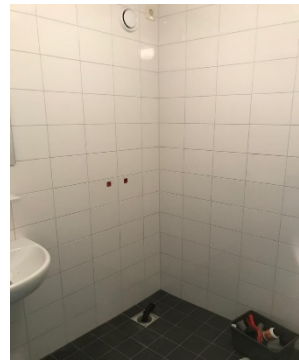
- Afstemming met de elektriciens is belangrijk. Dit is met name van belang omdat niet alleen een perilex wandcontactdoos moest worden aangelegd, maar voor de monitoring ook kWh-meters met GSM verzendmodule in de meterkast.
- De RenoDouche vergt 6 kW, de 1 x 35A elektrische aansluiting van sommige kleine portiekwoningen heeft deze capaciteit niet. Hierdoor was het nodig om de aansluiting te verzwaren. Dit moet aangevraagd worden bij de netbeheerder. Bij de keuze van een RenoDouche is het belangrijk dat hier doorlooptijd voor wordt ingeruimd.
- De RenoDouche vereist een plafondhoogte van minimaal 2,35 m. Hierdoor was niet in alle woningen plaatsing mogelijk. Bij de plaatsing bij GroenWest was het noodzakelijk om het verlaagde plafond in de badkamer gedeeltelijk te verwijderen. Voor het IEBB project 3.4 *Opschaling en industrialisatie RenoDouche* is de hoogte met 10 cm gereduceerd.
- Het conform NEN 1006 legionellaveilig afkoppelen van de warmwaterleiding naar de douche kan relatief veel tijd vergen omdat vaak niet duidelijk is waar deze leiding afsplitst. Legionella veilig afkoppelen betekent doorstromend herstellen zodanig dat er geen "dode leiding / dood eind" ontstaat. Dit kan door het T stuk te verwijderen en er een sok tussen te plaatsen. Hiervoor dient de vloer of wand te worden opengehakt. Door vanuit RenoDouche de gehele woning van warm water te voorzien worden deze werkzaamheden in de badkamer vermeden. In geval van de situatie bij Vidomes hoeft dan alleen de warmwater boiler in de keuken te worden verwijderd.

6.3 Plaatsing Vidomes

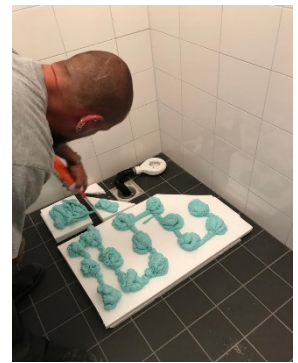
In onderstaande fotostrip is de plaatsing van een RenoDouche in beeld gebracht.



Aankomst op locatie



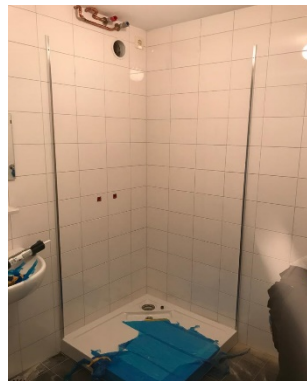
Bestaande Douche



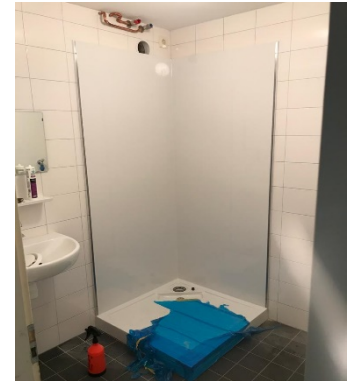
Afvoer en ondersteuning op maat maken



Douchebak gemonteerd



U – profielen gemonteerd



Isolatiepanelen gemonteerd



RVS kolom met glasdeur gemonteerd



Warmtewisselaar gemonteerd in RVS kolom



Pomp gemonteerd in RVS kolom



Boiler geplaatst in RVS kolom



Elektrabox aangesloten



Dak op maat gemaakt



6.4 Gebruikersenquête

Om het comfort te beoordelen is een enquête uitgezet onder de gebruikers van de douchecabine. De enquête is vermeld in bijlage B. Hierin is ook de gebruikersinstructie opgenomen. De analyse van het gebruikskomfort maakt onderdeel uit van het TKI IEBB project, zie hieronder de eerste ervaringen zoals opgehaald in de enquête bij de eerste Vidomes pilot.

Tabel 7 Resultaten gebruikersenquête Vidomes (score van 1 tot 7 mogelijk).

Testlocatie	Vidomes 1	Vidomes 2
1. Algemeen douchecomfort	7 ¹	5
2. Genoeg warm water	7	6
3. Temperatuurregeling	7	7
4. Geluidsniveau	6	5
5. Gesloten cabine	4 ^{2,3}	7
6. Gebruiksgemak	7	6
7. Koude douche ervaring	Nooit ⁴	4 ⁵
8. Filterschoonmaak	1 x pw	elke dag

Toelichting Vidomes 1 & 2:

1. "Fantastisch douchecomfort, in andere woning was de boiler vaak leeg."
2. "De gesloten cabine was even wennen. Deed ivm artrose vaak oefeningen onder de douche. Dat is nu lastig. De cabinedeuren moeten gesloten worden anders wordt de badkamer nat."
3. "Voordeel van de gesloten cabine is dat er geen damp uitkomt. Waardoor de wasmachine en droger droog blijven. In de vorige badkamer waren deze na 3 jaar weggeroest."
4. Tijdens het douchen is geen "koude douche" opgetreden. Echter door een storing aan de boiler is gedurende een periode koud gedoucht.
5. Door een storing was er 1 dag geen warm water

7 Discussie

Het Renodouche project is een goede ervaring geweest voor het plaatsen van de RenoDouche in een ander marktsegment dan in het eerdere TKI MEED project. Daarin was ervaring opgedaan in de particuliere markt. De sociale woningbouw is wezenlijk anders. Hierdoor is meer inzicht verkregen in de restricties van de inbouwmogelijkheden en de aangescherpte veiligheidsvoorwaarden. De complexe verduurzamingsopgave vraagt van woningcorporaties innovatieve oplossingen. Met de ontwikkeling van de RenoDouche kunnen niet alleen de plaatsingskosten verlaagd worden, maar ook de energiekosten en comfort geoptimaliseerd worden. Gezien het toepassingsbied van de RenoDouche is de markt hiervoor groot.

Door de nauwe samenwerking tussen de producenten van de RenoDouche (Beterbad en Hametech) en de woningcorporaties was er veel kennisuitwisseling en konden uitdagingen snel opgepakt worden. Dit vergroot de kansen dat een optimaal product in de markt gezet kan worden. Door de energetische monitoring na afloop van het project door TNO zal de energie-efficiency in de praktijk gevalideerd worden.

De RenoDouche is naast bij renovatie ook bij uitstek geschikt voor toepassing in nieuwbouwwoningen met een lage warmtevraag voor ruimteverwarming of aangesloten op een lage temperatuur warmtenet. Voor deze woningen, die in de toekomst veel meer dan nu zullen voorkomen, vraagt een warmtepomp een relatief hoge investering. Ook vereist een warmtepomp met bijbehorend opslagvat voor warmtapwater circa 1,5 m². De RenoDouche kan met name voor kleine woningen relatief veel ruimtewinst opleveren.

8 Conclusies en aanbevelingen

Het doel van het project om drie prototypen renovatiepakketten voor de badkamer te ontwikkelen en in huurwoningen te plaatsen is behaald voor het aardgasloos of aardgasloos-ready maken van warmtapwatergebruik in huurwoningen.

In het project is een monitoringsinfrastructuur opgezet om na het project de energiebesparing en het gebruikersgedrag te bepalen. Aan de hand van de eerste monitoringsresultaten zijn reeds verbeteringen doorgevoerd die in de latere pilots direct zijn toegepast.

Op basis van investeringsramingen en energiekosten conform de NTA 8800 zijn de totale kosten voor warmtapwater over een periode van 10 jaar bepaald. Voor zowel een vier- als een tweepersoonshuishouden heeft de RenoDouche de laagste kosten voor warmtapwaterbereiding. Vergeleken met warmtepompen zijn de investeringskosten en de energiekosten lager bij de RenoDouche. Hierdoor is de RenoDouche direct goedkoper in gebruik. Vergeleken met de elektrische boiler zijn de investeringskosten hoger. Door de lagere energiekosten zijn deze hogere kosten in geval van een vier- en een tweepersoonshuishouden na respectievelijk 4 en 7 jaar terugverdiend.

Een voordeel bij met name kleinere woningen is dat er geen 150 tot 200 liter groot opslagvat noodzakelijk is. Uit de eerste feedback blijkt dat de gesloten cabine van de RenoDouche in eerste instantie even wennen was. De huurder zag naast energiebesparing ook een ander voordeel. Doordat er weinig tot geen damp meer ontsnapt, gaat apparatuur die in de badkamer geplaatst is (zoals wasmachine en wasdroger) langer mee.

Wat betreft het elektrische vermogen dient bij 1 x 35 A aansluitingen rekening gehouden te worden met de noodzaak van het aanvragen van een zwaardere aansluiting en aanpassing van de groepenkast en de daarvoor noodzakelijke doorlooptijd.

Aanbevelingen

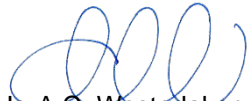
Voor grootschalige uitrol wordt aanbevolen om samen met installateurs te onderzoeken hoe de installatietijd kan worden verkort ten opzichte van de huidige twee werkdagen. Dit onderzoek zal plaatsvinden in het IEBB programma (TEUE919003) met de RWU (Regioplatform Woningcorporaties Utrecht). In dit IEBB project zullen ook de RenoDouche monitoringsdata worden geanalyseerd.

Een aanbeveling om de toepasbaarheid bij ouderen te verhogen is om de hoogte van de instap van de douchebak te verlagen.

9 Ondertekening

Delft, 28 januari 2021

TNO



Ir. A.C. Westerlaken
Research Manager



Dr.ir. C.M.J.L. Lelieveld
Projectleider

A Foto's geïnstalleerde RenoDouches



Vidomes 1



Vidomes 2



GroenWest 1



GroenWest 2



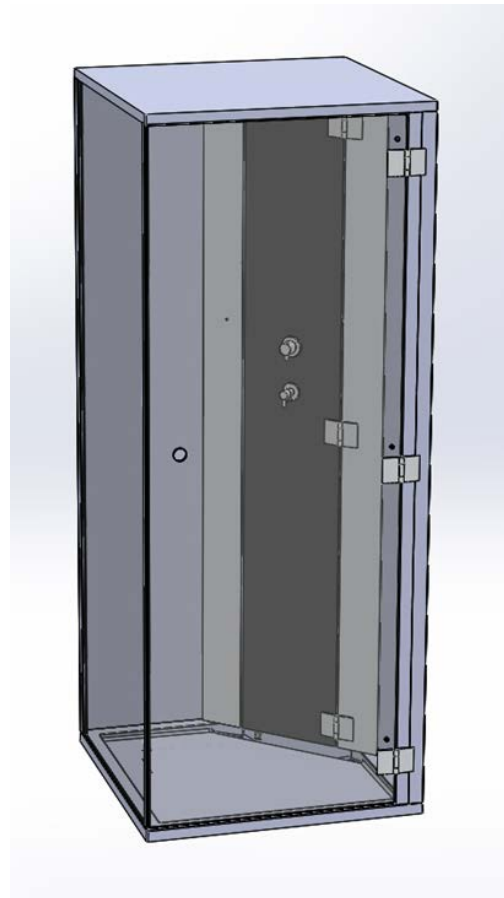
Vestia 1



Vestia 2

B RenoDouche gebruikersinstructie en enquête

De RenoDouche is door TNO in samenwerking met Beter Bad, Hametech en drie woningcorporaties ontwikkeld om Nederlandse huurwoningen bij renovatie van het aardgas te halen. Bij de corporaties worden in totaal zes RenoDouches geïnstalleerd om de werking in de praktijk te onderzoeken. De RenoDouche bevat een warmtewisselaar die ruim 80% van de warmte uit het douchewater terugwint om het leidingwater voor te verwarmen. Het water uit de douche is dus schoon drinkwater, alleen de warmte van het afgevoerde water wordt overgedragen. De RenoDouche levert een forse energiebesparing op. Daarnaast is het een bijzonder comfortabele douche omdat direct warm water door de ingebouwde close-in boiler wordt geleverd en omdat vocht beter afgevoerd wordt waardoor minder kans op schimmel en de spiegel in de badkamer minder snel beslaat.



Het onderzoek

Wat wordt er gemeten en wat gaan we ermee doen?

In de douche zitten verschillende temperatuursensoren. Daarnaast worden in de meterkast twee elektriciteitsmeters (kWh meters) ingebouwd om het stroomverbruik van de douche te meten. De sensoren meten elke minuut. Dagelijks wordt de informatie van de sensoren met een draadloze GPRS verbinding – vergelijkbaar met de slimme meter - doorgestuurd naar TNO. Hiermee bepalen we hoe goed de warmteterugwinning in de praktijk werkt. Alle informatie wordt anoniem verwerkt.

Hoe lang wordt er gemonitord?

Het is de bedoeling is om de monitoring een jaar lang uit te voeren. Op deze manier kan worden nagegaan of de douche warmtewisselaar goed werkt. Door een heel jaar te meten wordt ook het effect van de seizoenen duidelijk op het energiegebruik. In de winter is het drinkwater namelijk veel kouder dan in de zomer.

Korte enquête

De enquête is bedoeld om inzicht te krijgen in het douchecomfort en mogelijke verbeterpunten. Naar verwachting wordt u in het testjaar vier keer gevraagd een korte enquête in te vullen. Dit kost maximaal 5 minuten.

Wat kunt u verwachten?

Onderstaande handleiding geeft meer informatie over hoe de RenoDouche werkt en wat er aan onderhoud uitgevoerd dient te worden om een goede werking te borgen.

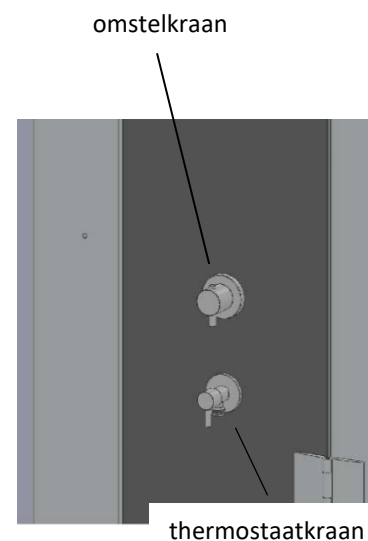
Heeft u een elektrische boiler? Door de RenoDouche wordt drie maal minder elektriciteit verbruikt voor het verwarmen van douchewater. Op jaarbasis levert dit voor een gemiddeld gezin, bij

gemiddeld gebruik een besparing op van ruim 200 euro. Heeft u een HR ketel? De energiekosten van de RenoDouche zijn 30% lager. Daarnaast bent u dan wat betreft douchen van het gas af wat beter is voor het milieu.

Beschrijving en handleiding RenoDouche

Met de omstelkraan kunt u kiezen voor de hoofddouche of een handdouche. Ook kunt u met de omstelkraan de hoeveelheid water regelen door de knop naar links of naar rechts te draaien. Bij het opendraaien heeft u meteen warm water omdat er een 10 liter close-in-boiler is ingebouwd. De temperatuur kunt u met de thermostaatkraan regelen.

Om zoveel mogelijk warmte terug te kunnen winnen is de RenoDouche als een gesloten cabine uitgevoerd. Voor een optimale werking dient met een gesloten deur te worden gedoucht. Ventilatie vindt plaats via de spleet boven de deur. Na het opendraaien van de kraan wordt het warme douchewater vanuit de douchegoot omhoog gepompt en aan de bovenkant over een 36 meter lange spiraalvormige leiding (de warmtewisselaar) verspreid. Door de binnenzijde van de warmtewisselaar stroomt het koude drinkwater dat bijna tot de temperatuur van het doucheafvalwater wordt opgewarmd. De gewenste douchetemperatuur wordt bereikt door bijmengen van warm water uit de close-in-boiler. Deze boiler wordt verwarmd met twee elektrische elementen met een totaal vermogen van 5,2 kW. Om deze reden is de RenoDouche, net als een elektrische kookplaat, met een perilex stekker op twee elektrische groepen aangesloten.



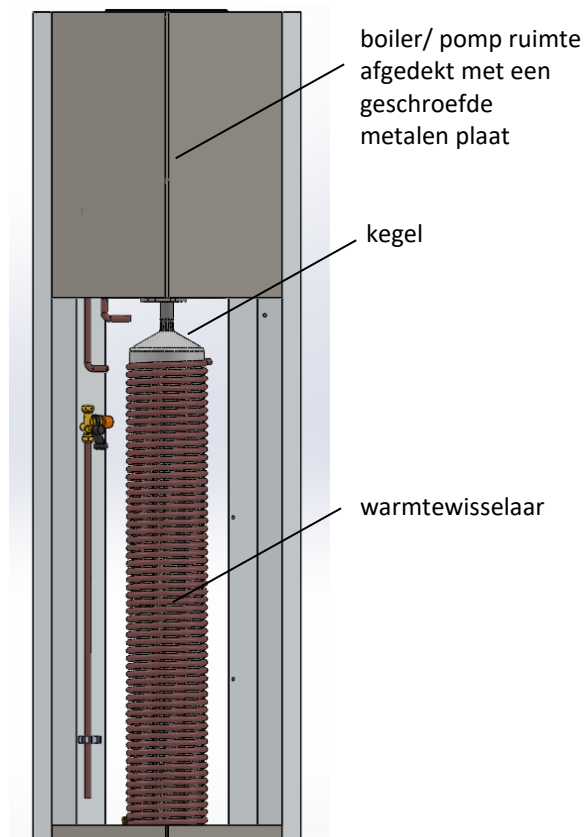
Zodra u stopt met douchen wordt met enkele seconden vertraging automatisch een pomp uitgeschakeld zodat de douchegoot wordt leeggepompt. Vervolgens wordt na 15 minuten de pomp nog even opgestart om eventueel condenswater weg te pompen. Indien er binnen 30 minuten na het douchen niet opnieuw wordt gedoucht dan wordt het automatisch spoelprogramma gestart om gedurende 30 seconden de (niet zichtbare) warmtewisselaar aan de binnen- en buitenzijde schoon te spoelen. Hierbij start de pomp ook enkele seconden om het overtollige water weg te pompen. Let op: dit kan onverwacht geluid maken, maar is dus normaal.

Indien uw RenoDouche is voorzien van een afzuigpunt in de douchecabine dan kunt u na het douchen de deur sluiten. Door de afzuiging in de cabine droogt de douche vanzelf. Indien geen afzuigpunt aanwezig is dan is het advies om na het douchen de cabinedeur enkele uren open te laten staan om de cabine te laten drogen.

Onderhoud

In het algemeen is geen onderhoud aan de warmtewisselaar noodzakelijk. Mocht uit de monitoring blijken dat de effectiviteit van de warmtewisselaar afneemt dan is het mogelijk om de warmtewisselaar te inspecteren en eventueel aan de buitenzijde te reinigen. Dit is mogelijk door de zwarte matglazen deur in de installatiekolom te openen. Deze zit aan de linkerzijde met een magneetsluiting vast. Mocht de warmtewisselaar verontreinigd zijn dan is het advies om deze met zo heet mogelijk water met de handdouche af te spuiten. Witte aanslag van bijvoorbeeld tandpasta kan het best met een afwasborstel worden verwijderd. Gebruik van agressieve reinigingsmiddelen is niet toegestaan omdat deze het membraan in de pomp kunnen aantasten, heet water volstaat. Indien de watertoevoer aan de bovenzijde van de witte kegel verstopt is, dan is het mogelijk om de watertoevoer los te klikken en te inspecteren. Nadere werkzaamheden dient u door de installateur te laten uitvoeren.

NB de pomp en de close-in-boiler zijn met een metalen afdekplaat afgedekt. In verband met elektrische veiligheid is het **niet** toegestaan om deze plaat zelf te verwijderen. Indien er storing is dan dient u contact op te nemen met de installateur.



Het onderhoud voor de gebruiker is beperkt tot het verwijderen van haren etc van het filter in de douchegoot. Dit kan door met de hand of met een wc papiertje de haren af te nemen. Eventueel verzamelde haren etc. kunt u het beste in de afvalbak of in het toilet deponeren

Indien het filter grondiger dient te worden schoongemaakt, kan het filter eenvoudig worden uitgehaald. Let op: om vervuiling van de warmtewisselaar te voorkomen graag zo min mogelijk haren, tandpasta, etc.. via de douchegoot wegspoelen! SVP het filter niet in de douchebak afspoelen omdat dan de haren alsnog op de warmtewisselaar komen.

Klachten en storingen

Eventuele klachten en storingen gaarne zo snel mogelijk bij de installateur melden.



RenoDouche Enquête

Datum:

In te vullen door zoveel mogelijk personen per huishouden, één exemplaar per persoon. Bij de vragen wordt een 7-punts schaal gebruikt. Gaarne één mogelijkheid per vraag omcirkelen.

1. Hoe vindt u het algemene douchecomfort?

Oncomfortabel 1 2 3 4 5 6 7 helemaal comfortabel

2. Komt er genoeg water uit de douche?

Veel te weinig 1 2 3 4 5 6 7 ruim voldoende

3. Hoe bevalt de temperatuur ?

Variabel 1 2 3 4 5 6 7 temperatuur goed regelbaar

4. Hoe ervaart u het geluidsniveau?

Lawaaiig 1 2 3 4 5 6 7 niet storend

5. Hoe bevalt de gesloten cabine?

Vervelend 1 2 3 4 5 6 7 comfortabel

6. Hoe is het gebruikersgemak?

Ingewikkelde bediening 1 2 3 4 5 6 7 eenvoudige bediening

7. Heeft u ooit een 'koude douche ervaring' gehad?

Vaak 1 2 3 4 5 6 7 nooit

8. Hoe vaak voert u onderhoud uit?

Elke dag 1x per week 1x per maand nooit

Opmerkingen: