Warmtevraag	Aantal woningen in de Vergert	438	
	Gemiddeld gasverbruik	900	m3
	Totaal gasverbruik	394200	m3
	Warmtevraag (GJ)	15404	GJ

Waterstof productie tot warmte	Electrolyzer efficientië	70%	
	Waterstof opslag efficientië	90%	
	CV-ketel waterstof efficientië	90%	
	Systeem efficientië	**57%**	

Waterstof - Elektriciteitproductie en zonnepanelen	Benodigde elektriciteitsproductie (GJ)	27168	GJ
	Benodigde elektriciteitsproductie (kWh)	7546767	kWh
	Aantal zonnepanelen (100% benut)	21562	panelen
	Panelen per woning	49,2	panelen
	Aantal hectare zonnepark	8,6	hectare
	Kosten zonnepanelen	8,6	Miljoen €

Waterstof met hybride warmtepompen - Elektriciteitsproductie en zonnepanelen	Waterstofvraag	8151	GJ
	Warmtepomp invulling	10783	GJ
	Verbruik warmtepomp	2995	GJ
	Totale benodigde elektriciteit	3096061	kWh
	Aantal zonnepanelen nodig	8846	panelen
	Panelen per woning	20,2	panelen
	Aantal hectare zonnepark	3,5	hectare
	Kosten zonnepanelen	3,5	Miljoen €

Warmtepompen - Elektriciteitproductie en zonnepanelen	Benodigde elektriciteitsproductie (GJ)	4279	GJ
	Benodigde elektriciteitsproductie (kWh)	1188616	kWh
	Aantal zonnepanelen (100% benut)	3396	panelen
	Panelen per woning	7,8	panelen
	Aantal hectare zonnepark	1,4	hectare
	Kosten zonnepanelen	1,4	Miljoen €

Opslag	Totaal warmtevraag waterstof equivalent	108482	kg
	Totale benodigde waterstof productie	120536	kg
	Opslag percentage	50%	
	Totaal benodigde waterstofopslag	60268	kg
	Investeringskosten waterstofopslag	€ 16,6	Miljoen €

Waterstofnetwerk	Meter leiding benodigd	5000	meter
	Kosten aanleg	€ 0,2	Miljoen €

Kostenoverzicht voor verwarmen met waterstof (niet hybride)	Waterstoffabriek	€ 5,0	Miljoen €
	Zonnepanelen	€ 8,6	Miljoen €
	Waterstofopslag	€ 16,6	Miljoen €
	Waterstofnetwerk	€ 0,2	Miljoen €
	CV-ketels waterstof	€ 1,1	Miljoen €
	Totaal	**31,5**	**Miljoen €**
	Investering per woning	**€ 71.917**	**€**

Vergelijking waterstof en aardgas inkoop	Aardgas consumenten prijs	1,40	**€/m3**
	Aardgas consumenten prijs	0,14	**€/kWh**
	Aardgas groothandelsprijs	40	**€/MWh**
	Aardgas groothandelsprijs	0,04	**€/kWh**
	Aardgas groothandelsprijs	0,39	**€/m3**
	Waterstof productie prijs 2023 bvnwrd	15	**€/kg**
	Waterstof productie prijs 2023 bvnwrd	0,38	**€/kWh**
	Waterstof productie prijs 2030	2,70	**€/kg**
	Waterstof productie prijs 2030	0,07	**€/kWh**
	Waterstof productie prijs 2030	0,67	**€/m3 aardgas**
	Prijs tov van aardgas nu	172%	

https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources/future-energy/gr

Kengetallen		Eenheid	Bron
GJ --> kWh	0,0036	GJ/kWh	gasunie-converter
Energieinhoud waterstof onderwaarde	120	MJ/kg	https://www.joostdevree.nl/shtmls/calorische_waarde.shtml
Energieinhoud waterstof onderwaarde	33,3	kWh/kg	https://www.joostdevree.nl/shtmls/calorische_waarde.shtml
Energieinhoud waterstof bovenwaarde	142	MJ/kg	https://www.joostdevree.nl/shtmls/calorische_waarde.shtml
Energieinhoud waterstof bovenwaarde	39,3	kWh/kg	https://www.joostdevree.nl/shtmls/calorische_waarde.shtml
Energieinhoud gronings aardgas bvnwrd	35,17	MJ/m3	
Energieinhoud gronings aardgas bvnwrd	9,77	kWh/m3	

Kosten waterstof opslagtank	7000	€/MWh	Berenschot casestudie (zie hieronder)
Kosten waterstof opslagtank	275,1	€/kg	Berenschot casestudie (zie hieronder)
Kosten CV-ketel waterstof	2500	€	Eigen inschatting. Gelijk gesteld aan cv-ketel
Kosten aanleg waterstofnetwerk	40	€/m leiding	DWTM kengetal - twijfel geval?
Kosten waterstof in 2030	2,7	€/kg	https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources/future-energy/green-hydrogen-cost.html

Jaarproductie stand. Zonnepaneel	350	kWh	DWTM kengetal
Zonnepark; zonnepanelen/hectare	2500	zonnepanelen/ha	
Kosten aanleg zonnepark	400	€/paneel	DWTM kengetal

SCOP lucht/water warmtepomp	360%	%	DWTM kengetal
Hybride warmtepomp dekkingsgraad	70%	%	DWTM kengetal

Watergebruik waterstof productie		
Water per kg waterstof nodig	25	liter / kg H2
Elektrolyzer	1	GW
Elektrolyzer	1000000	kW
Waterstof productie	17812	kg H2 / uur
Water nodig	445293	liter water / uur
Vollast uren	3000	-
Totaal water nodig	1336	miljoen liter water
Aantal keer jaarverbruik Amsterdam	0,02	-
Totaal waterstof productie	53	miljoen kg waterstof
Totaal waterstof productie	2,1	TWh

https://rmi.org/hydrogen-reality-check-distilling-green-hydrogens-water-consumption/#:~:text=Per%20chemistry%20fundamentals%2C%209%20liters,20%20L%2Fkg%20is%20needed.

-

https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_3K37_Hydrogen_routes_Netherlands_Executive_Summary_English.pdf
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://projecten.topsectorenergie.nl/storage/app/uploads/public/5d5/a89/289/5d5a892890e1c106713134.pdf

-

Waterstofopslag

Item	Waarde
Kosten opslagtank (totale capaciteit)	7.018 €/MWh
Kosten compressor	877.193 €/MW
Energy efficiency	90%
WACC	3,1%

Bron: Hydrogen based energy conversion FactBook, 2014, SBC Energy Institute

Tubetrailers

Tubetrailer	
Capaciteit (kg)	300
Druk (bar)	300
Kosten (€/kg capaciteit)	€ 500
CAPEX	€ 150.000
Levensduur (jaren)	12
Variabele kosten (per km)	€ 1,28
Afstand (km, retour)	80
Chauffeur (€/uur)	€ 35
Tijd (uren/transport)	4
O&M (% van Capex)	2

Tabel 9 Basisgegevens tubetrailers. (29) (30) (Opgave Holthausen).

Voor het transport van waterstof over de weg wordt gebruik gemaakt van tubetrailers. De tubetrailers worden aangeschaft voor het project en maken dus deel uit van de CAPEX. Volgens de geraadpleegde bronnen kost een tubetrailer ongeveer € 300 per kilogram capaciteit. De looptijd van het project is gesteld op 15 jaar. Aangezien de levensduur van een tubetrailer geschat wordt op 12 jaar wordt er tijdens de looptijd van het project een nieuwe tubetrailer aangeschaft. Dit verklaart de



Een casestudie naar de mogelijkheden voor volledig duurzame warmtenetten door de toepassing van waterstof in de huidige realiteit

TESN118032 – Openbaar
15 maart 2019

Berenschot