

Tamahawk

EnergyGO

- Opgericht in 2011, gevestigd in Alkmaar
- Werkt aan flexible en duurzame energiesystemen op basis van hernieuwbare bronnen voor gebieden en gebouwen.
- Advies, onderzoek, processbegeleiding en softwareontwikkeling.

Ambitie in Nederland

Wijk voor wijk aan de slag met de transformatie van 7 miljoen huizen en 1 miljoen gebouwen in goed geïsoleerde woningen en gebouwen die we met duurzame warmte verwarmen.



Uitdaging



èn



Uitdaging

- Keuzes in isolatie en installatietechniek in vastgoed (bovengronds) heeft impact op aanleg en beschikbare capaciteit van energie-infrastructuur (ondergronds).
- Veel stakeholders betrokken (o.a. gemeenten, woningcorporatie, huurder, bewoner/eigenaar, netbeheerders, warmtebedrijf, energiecoöperaties)

Probleemstelling

- Welk warmtescenario is het best voor een wijk?
 - Energierekening voor de bewoner
 - Investerings door de vastgoedeigenaar
 - Investerings door netbeheerder en/of warmtebedrijf
 - Totale maatschappelijke kosten
 - Reductie CO₂ emissies en primair energiegebruik
- Hoe kosteneffectief verschillende warmtescenario's doorrekenen?

Oplossing: TOMAHAWK

Tomahawk is een analyse en beslissingstool tool om op basis van open data geautomatiseerd warmtescenario's voor gebouwen en bijbehorende energie-infrastructuur in een gebied (wijk) door te rekenen op de totale maatschappelijke kosten om zo stakeholders in een vroeg stadium te informeren.

Hoe werkt TOMAHAWK?



Open data
(GIS)



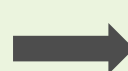
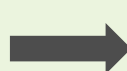
Data
bewerking



Fysische
Gebouwsimulatie



Energie
Infrastructuur
Analyse



Maatschappelijke
Kosten
analyse

Primaire energie
&
CO2 emissie

Meer informatie

<https://tomahawk-energy.nl>

<https://energeyes.nl>

<https://energygo.nl>

<https://pico.geodan.nl>

<https://geodan.nl>



Tomahawk is mede gefinancierd door de TKI Urban Energy met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken. (TEUE 018011)

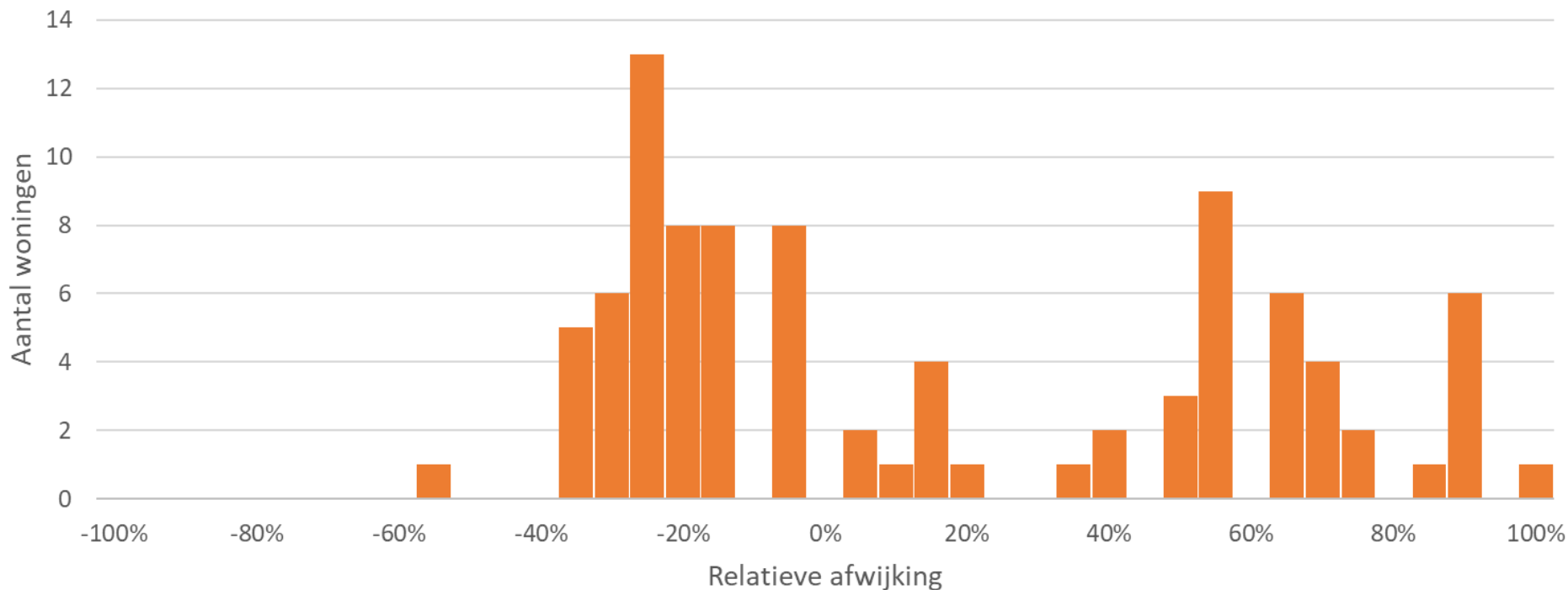
Validatiestudie: Alliantie, Amersfoort



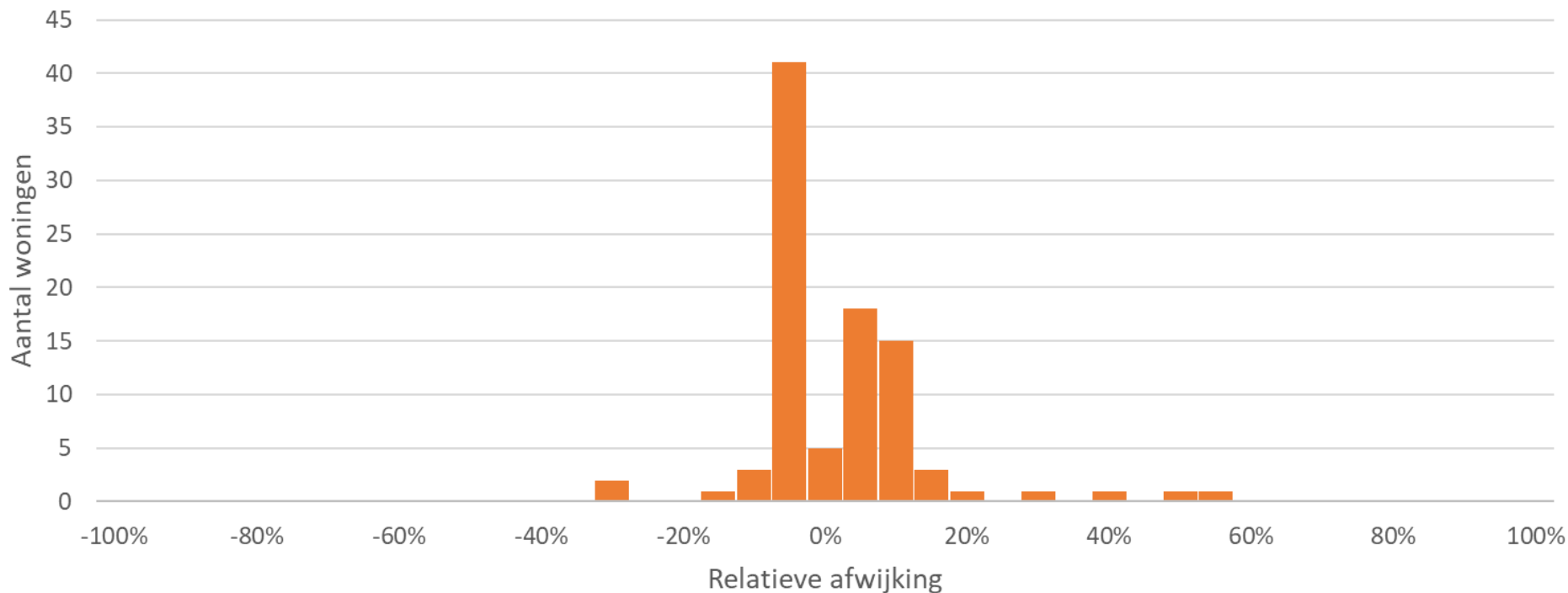
Validatie aardgasverbruik

92 woongebouwen		Aardgasverbruik
Postcode 6 (2017)	Meterstanden via regionale netbeheerder.	194.515 m ³ /jaar
VABI	Berekend voor Energielabel	177.510 m ³ /jaar
Energieyes/VABI	Berekend met Energieyes op basis van VABI opnamegegevens	236.481 m ³ /jaar
Energieyes/PICO (Tomahawk)	Berekend met Energieyes op basis van open GIS data.	238.903 m ³ /jaar

Afwijking PC6 vs Energielabel



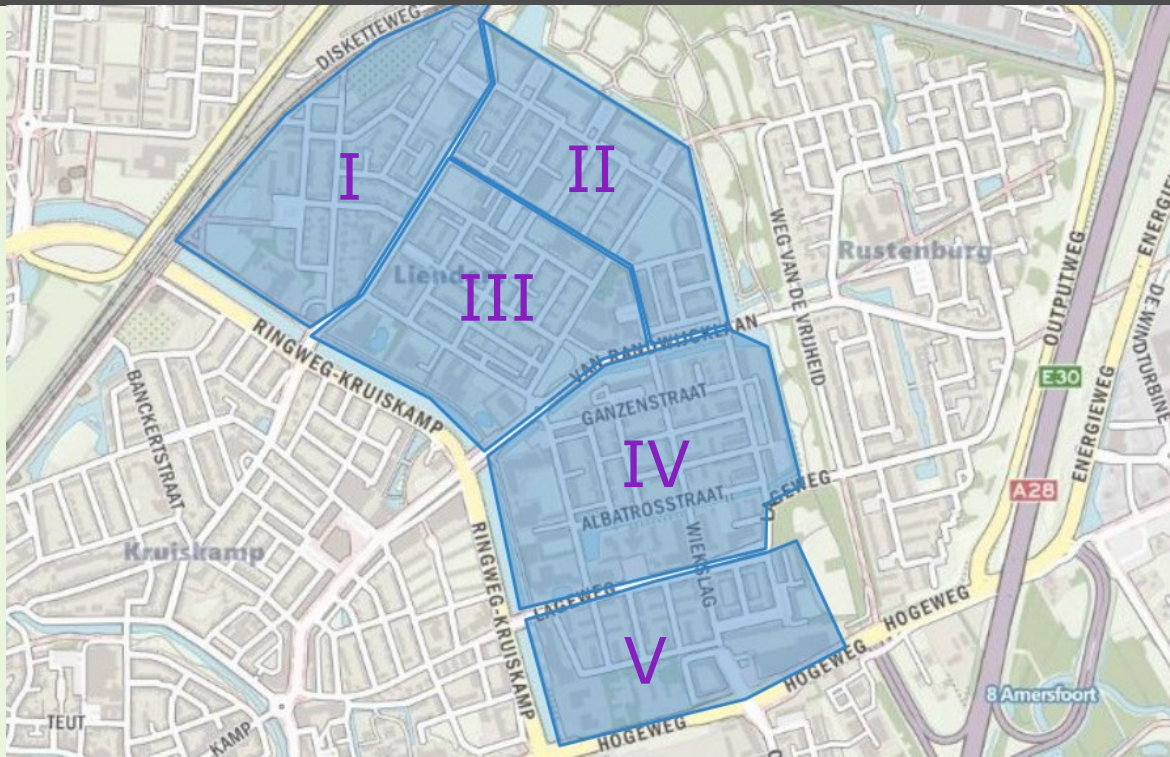
Afwijking Tomahawk vs Vabi/Energieyes



Casusstudie: Liendert, Amersfoort



Amersfoort: 5 buurten



- I. Liendertsedreef
- II. De Horsten
- III. Vinkenbaan
- IV. Albatrosstraat
- V. Zwaluwenstraat



Woningtype

- vrijstaand huis
- twee onder een kap
- hoekhuis
- rijtjeshuis
- laagbouw complex
- duplex woning
- lage flat
- appartement
- hoge flat

Statistieken

Type woning	Totaal
Rijtjeswoning	885
Hoekwoning	437
Vrijstaand	29
Duplex	2
Hoogbouw	2.625
TOTAAL	3.978

Warmtescenario's

- Behouden van aardgas (referentie)
- All-electric met een lucht/water warmtepomp
- All-electric met IR panelen
- 70 °C wijkwarmtenet op basis van een biomassa (pellet) installatie.
- 50 °C wijkwarmtenet op basis van thermie uit oppervlaktewater (TEO), open bodemsystemen (WKO) en centrale warmtepompen.
- 16 °C wijkwarmtenet op basis van thermie uit oppervlaktewater (TEO), open bodemsystemen (WKO) en decentrale warmtepompen.

Resultaten – Wijk Liendert

Scenario (gebied)	CO2	Energie	Investering	Totale kosten
Aardgas behouden	13.667 ton/jaar	250 TJ/jaar	14,8 M€	8,8 M€/jaar
All-electric met warmtepomp	7.724 ton/jaar	119 TJ/jaar	55,0 M€	8,2 M€/jaar
All-electric met IR panelen	16.123 ton/jaar	248 TJ/jaar	31,0 M€	11,7 M€/jaar
70 °C warmtenet met biomassa	5.668 ton/jaar	210 TJ/jaar	64,5 M€	7,6 M€/jaar
50 °C warmtenet met TEO	8.936 ton/jaar	137 TJ/jaar	88,5 M€	9,2 M€/jaar
16 °C warmtenet met TEO	7.246 ton/jaar	111 TJ/jaar	130,4 M€	10,8 M€/jaar

Scenario (woning)	CO2	Energie	Investering	Totale kosten
Aardgas behouden	3,4 ton/jaar	63 GJ/jaar	3,7 k€	2,2 k€/jaar
All-electric met warmtepomp	1,9 ton/jaar	30 GJ/jaar	13,8 k€	2,0 k€/jaar
All-electric met IR panelen	4,1 ton/jaar	62 GJ/jaar	7,8 k€	2,9 k€/jaar
70 °C warmtenet met biomassa	1,4 ton/jaar	53 GJ/jaar	16,2 k€	1,9 k€/jaar
50 °C warmtenet met TEO	2,2 ton/jaar	35 GJ/jaar	22,3 k€	2,3 k€/jaar
16 °C warmtenet met TEO	1,8 ton/jaar	28 GJ/jaar	32,8 k€	2,7 k€/jaar

Investerings per stakeholder

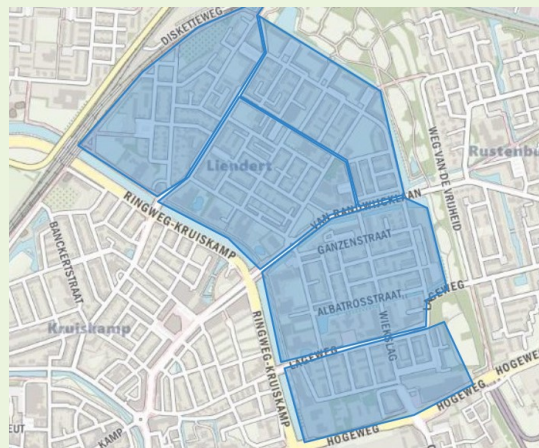
Scenario	Eigenaar	Netbeheerder E/G	Warmtebedrijf
Aardgas behouden	6,3 M€	8,5 M€	0 M€
All-electric met warmtepomp	50,0 M€	5,4 M€	0 M€
All-electric met IR panelen	25,6 M€	5,4 M€	0 M€
70 °C warmtenet met biomassa	20,7 M€	2,2 M€	41,6 M€
50 °C warmtenet met TEO	29,9 M€	3,8 M€	54,8 M€
16 °C warmtenet met TEO	65,0 M€	5,4 M€	60,0 M€

Energierkening per bewoner

Scenario	Elektriciteit	Aardgas	Warmte	Totaal
Aardgas behouden	699 €/jaar	1.228 €/jaar		1.927 €/jaar
All-electric met warmtepomp	1.250 €/jaar			1.250 €/jaar
All-electric met IR panelen	2.600 €/jaar			2.600 €/jaar
70 °C warmtenet met biomassa**	739 €/jaar		1.553 €/jaar	2.292 €/jaar
50 °C warmtenet met TEO**	839 €/jaar		1.266 €/jaar	2.104 €/jaar
16 °C warmtenet met TEO**	1.046 €/jaar		849 €/jaar	1.895 €/jaar

** Indicatief, omdat uiteindelijke kosten worden bepaald door business case warmtebedrijf

Liendert



	Investering	Totale kosten
All-electric / Warmtepomp	13.800 €/woning	2.000 €/woning/jaar
50 °C warmtenet met TEO	22.300 €/woning	2.300 €/woning/jaar

	Investeringskosten	Totaal
All-electric / Warmtepomp	14.139 €/woning	2.129 €/woning/jaar
50 °C warmtenet met TEO	28.980 €/woning	2.757 €/woning/jaar

Hoogbouw



	Investering	Totale kosten
All-electric / Warmtepomp	13.513 €/woning	1.743 €/woning/jaar
50 °C warmtenet met TEO	12.143 €/woning	1.657 €/woning/jaar

Aanbeveling

- Zoek niet naar 1 oplossing voor een buurt of wijk
 - Een oplossing kan meerdere wijken omvatten (bijv: stadswarmte)
 - Een buurt kan meerdere oplossingen hebben (bijv: per gebouwtype)
- Neem de impact en verplichtingen van een oplossing voor alle stakeholders in acht.

Achtergrond: Uitgangspunten & bronnen



Kengetallen schilrenovaties

Omschrijving	Prijs (ex BTW)	Afschrijftermijn	Bron
Isoleren van het dak naar $R_c = 3$ als de huidige isolatiewaarde $R_c < 2$ is.	43 €/m ² dak	30 jaar	Arcadis, 2017
Isoleren van de gevel naar $R_c = 3,5$ als de huidige isolatiewaarde $R_c < 2,5$ is.	109 €/m ² gevel	30 jaar	Arcadis, 2017
Isoleren van ramen naar $U = 1,2$ als de huidige transmissiewaarde $R_c > 3,5$ is.	47 €/m ² glasoppervlak	30 jaar	Arcadis, 2017
Kierdichting naar $Q_{v10} = 1$ als de huidige kierdichting $Q_{v10} > 1$ is.	1.146 €/woning	30 jaar	Arcadis, 2017

Kengetallen woninginstallaties

Omschrijving	Prijs (ex BTW)	Afschrijftermijn	Bron
Inductiekoken	847 €/woning	15 jaar	Coolblue, werkspot
Eenmalige aansluitbijdrage (BAK)	3.850 €/woning	30 jaar	Vesta Mais
Aanpassingen binneninstallatie (leidingen e.d.)	500 €/woning	30 jaar	Geschatte stelpost
Buffer met elektrische naverwarming voor tapwater	1.178 €/woning	15 jaar	Arcadis 2017, Toros Vision Techneco
Water/water warmtepomp	7.500 €/woning	15 jaar	Arcadis 2017
Lucht/water warmtepomp met opslagvat	7.973 €/woning	15 jaar	NIBE, ITHO
Onderhoud lucht/water warmtepomp	5,12 €/maand/woning	-	Feenstra (juni 2019)
Lage temperatuur afgiftesysteem	2.500 €/woning	30 jaar	Vloerverwarming.nl
Vervangen HR-ketel	1.590 €/woning	15 jaar	Feenstra (juni 2019)
Onderhoud HR-ketel	11,63 €/maand/woning	-	Feenstra (juni 2019)
IR Panelen	25 €/m ² vloeropp.	15 jaar	infraroodverwarming-info.nl

Kengetallen infrastructuur

Omschrijving	Prijs (ex BTW)	Afschrijftermijn	Bron
Aanleg/renoveren aardgasdistributienetwerk	300 €/meter	50 jaar	Liander
Verwijderen aardgasdistributienetwerk	50 €/meter	50 jaar	Liander
Verzwaren elektriciteitsnet	540 €/kVA bovenop standaard piekvermogen (1,2 kVA).	50 jaar	Liander
Warmtenet onderstation (WOS)	125 €/kW	50 jaar	Vesta MAIS
Warmtenet distributiestation (OS)	150 €/kW	50 jaar	Vesta MAIS
Afleverzet in de woning	1300 €/meter	50 jaar	Vesta MAIS
Kosten leidingen	$(600 + 205 * P[\text{MW}]^{0.55}) \text{ €/m}$	50 jaar	Vesta MAIS (Gemiddeld)
TEO installatie	175 €/kW	50 jaar	Waternet
Warmtenet distributiestation met WKO	530 €/kW	50 jaar	Waternet
Warmtepomp in OS	432 €/kW	15 jaar	Viessman Vitocal 300-G (2015)
Kosten elektriciteit wijksystemen	0,08 €/kWh	-	Ervaringscijfer
Biomassa centrale	$664622 * P[\text{MW}]^{0.79}$	50 jaar	Procede biomass (2016)

Energiebronnen

ELEKTRICITEIT	Waarde	Bron
Energiedichtheid	3,6 MJ/kWh	Natuurkunde
Primaire energiedichtheid	5,22 MJ/kWh	Elektriciteitsrendement van 69% (NTA 8800 - BENG)
CO ₂ emissie	0,34 kg/kWh	NTA8800 - BENG
Variabele prijs	0,2174 €/kWh	Gemiddelde van Nuon,Essent,Eneco, oktober 2018, 3 jaar vast.
Vaste prijs	8,66 €/jaar	Gemiddelde van Nuon,Essent,Eneco, oktober 2018, 3 jaar vast, inclusief netbeheer (Liander) en teruggaaf energiebelasting

AARDGAS	Waarde	Bron
Energiedichtheid	35,17 MJ/m ³	Standaardbovenwaarde Gronings aardgas
Primaire energiedichtheid	35,17 MJ/m ³	-
CO ₂ emissie	1.890 kg/m ³	co2emissiefactoren.nl
Variabele prijs	0,7364 €/m ³	Gemiddelde van Nuon,Essent,Eneco, oktober 2018, 3 jaar vast.
Vaste prijs	259,07 €/jaar	Gemiddelde van Nuon,Essent,Eneco, oktober 2018, 3 jaar vast, inclusief netbeheer (Liander).

Energiebronnen

HT STADSWARMTE	Waarde	Bron
Energiedichtheid	1000 MJ/GJ	Natuurkunde
Primaire energiedichtheid	670 MJ/GJ	Kwaliteitsverklaring Westpoort Warmte (Amsterdam)
CO ₂ emissie	27.795 kg/GJ	co2emissiefactoren.nl
Variabele prijs	28,47 €/GJ	ACM tarief
Vaste prijs	546,57 €/jaar	ACM tarief

MT WARMTE	Waarde	Bron
Energiedichtheid	1000 MJ/GJ	Natuurkunde
Primaire energiedichtheid	0	Geen primaire energie nodig voor de warmte zelf. De elektriciteit voor het wijksysteem wordt apart berekend.
CO ₂ emissie	0	Geen CO ₂ emissies voor de warmte zelf. De elektriciteit voor het wijksysteem wordt apart berekend.
Variabele prijs	21,3525 €/GJ	75% van ACM tarief en wordt verrekend met de operationele kosten van het warmtebedrijf. Heeft daardoor geen effect op de totale maatschappelijke kosten.
Vaste prijs	546,57 €/jaar	ACM tarief

Energiebronnen

LT WARMTE	Waarde	Bron
Energiedichtheid	1000 MJ/GJ	Natuurkunde
Primaire energiedichtheid	0	Geen primaire energie nodig voor de warmte zelf.
CO ₂ emissie	0	Geen CO ₂ emissies voor de warmte zelf. De elektriciteit voor het wijkstelsel wordt apart berekend.
Variabele prijs	14,235 €/GJ	50% van ACM tarief en wordt verrekend met de operationele kosten van het warmtebedrijf. Heeft daardoor geen effect op de totale maatschappelijke kosten.
Vaste prijs	546,57 €/jaar	ACM tarief. Heeft geen effect op de totale maatschappelijke kosten.

HOUT SNIPPERS	Waarde	Bron
Energiedichtheid	9 MJ/kg	Procede biomass (2016)
Primaire energiedichtheid	9 MJ/kg	Procede biomass (2016)
CO ₂ emissie	0,062 kg/kg	CO ₂ emissiefactoren. De verbranding zelf wordt gezien als klimaatneutraal.
Variabele prijs	50 euro/ton	Procede biomass (2016)