

1. Doelstelling analysetool

Deze economische/ecologische screeningstool heeft als de doel voor de gekozen geothermische oplossing (t.t.z. deze met een specifieke opstellingsvorm en onderlinge afstand tussen de boringen) een vergelijking te maken met een oplossing op basis van een gasketel en een lucht/waterwarmtepomp.

De basis van de economische vergelijking is de totale actuele kost (TAK) van beide oplossingen (systemen) over een gegeven periode.

De TAK wordt opgebouwd uit: (J. Van der Veken, 2013)

- de initiële investeringskosten (K_i)
- de vervangingskosten (K_r)
- de totale jaarlijkse onderhoudskosten (K_o)
- de restwaarde van investeringen (V_{tf})
- de subsidies (V_{sub})
- de verbruikskosten (K_e)

$$TAK = K_i + K_e + K_o + K_r - V_{tf} - V_{sub}$$

De ecologische vergelijking gebeurt op basis van de CO₂- uitstoot en het primair energieverbruik.

Hierdoor kan er ook gebruik gemaakt worden van de macro-economische TAK waarin de CO₂ kost wordt opgenomen, maar alle rechtstreekse invloed van de overheid zoals taksen en subsidies wegvallen:

$$TAK_{macro} = K_i^* + K_e^* + K_o^* + K_r^* - V_{tf} + K_{CO_2}$$

* exclusief BTW en andere taksen

2. Economische analyse

2.1 Actualisatie

Voor de berekening van de totale actuele kost worden alle toekomstige inkomsten en uitgaven herrekend (geactualiseerd naar het jaar van de investering). De basis hiervoor is de discontovoet of de actualisatievoet R_r .

De actualisatievoet na p jaren (R_p) wordt berekend als volgt:

$$R_p = (1 / (1 + R_r / 100))^p$$

Voor een jaarlijks terugkerende kost (K_i) over een periode n , is de actuele kost

$$AK = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{(1 + \frac{R_r}{100})^i}$$

2.2 BTW

De gehanteerde kosten zijn in principe inclusief 21% BTW.

Omdat enerzijds het toegepaste BTW-tarief kan variëren in tijd (bijv. 6→ 21% voor elektriciteit, BTW-verlaging voor renovatiewerken,..) en anderzijds bedrijven BTW kunnen recupereren, wordt aan de gebruikers de keuze gelaten om het correcte BTW-tarief in te vullen.

2.3 Investeringskost (K_i)

De investeringskosten zijn inclusief de plaatsing, de afregeling, het testen en de indienststelling.

De volgende tabel geeft de investeringskosten weer die weerhouden worden voor de vergelijking van de geothermische oplossing en de standaardoplossing.

Voor een geothermische installatie waarvan de warmtebehoefte niet volledig wordt gedekt door geothermie, wordt een elektrische back-up berekend alsmede een gasinstallatie als alternatief.

Indien de geothermische installatie niet aan de koelbehoefte kan voldoen, wordt een koelinstallatie in de investeringskost opgenomen.

De afgifte-installatie wordt niet in de investering opgenomen. Er wordt verondersteld dat deze bij de geothermische en standaardoplossing hetzelfde is.

Indien er een behoefte aan sanitair warm water is opgegeven, wordt bij de geothermische oplossing verondersteld dat deze behoefte door de warmtepomp wordt voldaan. Bij de standaardoplossing staat de gasketel hiervoor in.

De investering per component wordt berekend a.d.h.v. een kostenformule.

Voor de boringen is deze kostenformule ifv de totale boorlengte.

De totale boorlengte volgt uit de screeningstool-boorveld.

Voor de andere componenten is de kostenformule in functie van het geïnstalleerde vermogen.

De kostenformules zijn afgeleid van een marktonderzoek.

Geothermische oplossing	standaardoplossing
Boringen: <ul style="list-style-type: none"> • de verplaatsingskost machine, • de boorkost • de bodemwarmtewisselaar • het grout • het horizontaal netwerk • de collectoren • de muurdoorvoer 	Gasinstallatie: <ul style="list-style-type: none"> • ketel • schouw • gasaansluiting • ..

<ul style="list-style-type: none"> • het druk- en dichtheidstest • het afregelen van de installatie • het afvullen met het fluïdum 	
Warmtepomp: <ul style="list-style-type: none"> • Warmtepomp zelf • leidingen, kranen,.. • warmtewisselaar (uitz. bij enkel verwarming) 	Koelinstallatie <ul style="list-style-type: none"> • compressiekoelmachine • warmtewisselaar binnen • warmtewisselaar buiten (drycooler, toren, ...)
Backup installatie Gasinstallatie: <ul style="list-style-type: none"> • ketel • schouw • gasaansluiting • .. Koelinstallatie <ul style="list-style-type: none"> • compressiekoelmachine 	

2.4 Vervangingskosten (Kr)

De periode waarover de TAK wordt berekend: (regulation, 2012)

- 30 jaar voor residentiële en publieke gebouwen
- 20jaar voor commerciële niet-residentiële gebouwen

Indien de levensduur van bepaalde installaties kleiner is dan de beschouwde gebruiksduur, wordt een herinvestering t.t.z. vervangingskosten in rekening gebracht. In deze kosten zijn tevens de afbraakkosten van de initiële installatie begrepen.

Omdat deze kosten zich in de toekomst afspelen, dienen deze te worden geactualiseerd (zie verder)

Volgende tabel geeft de herinvesteringsperiode weer voor de verschillende componenten. (bron VDI 2067 sept. 2000, *Economic efficiency of building installations. Fundamentals and economic calculation*) of (bron NBN EN 15459: *Energieprestatie van gebouwen – Economische beoordelingsprocedure voor energiesystemen in gebouwen*)

Component	levensduur	Jaarlijkse onderhoudskost (% van de initiële kost)
Boringen/warmtewisselaars	50	1
Warmtepomp	18	4
warmtewisselaar	20	2
Gasinstallatie	18	3
compressiekoelmachine	15	3
Circulatiepompen	10	2
Actieve koeling	18	4
Lucht/water warmtepomp	18	4

2.5 Totale jaarlijkse onderhoudskosten (Ko)

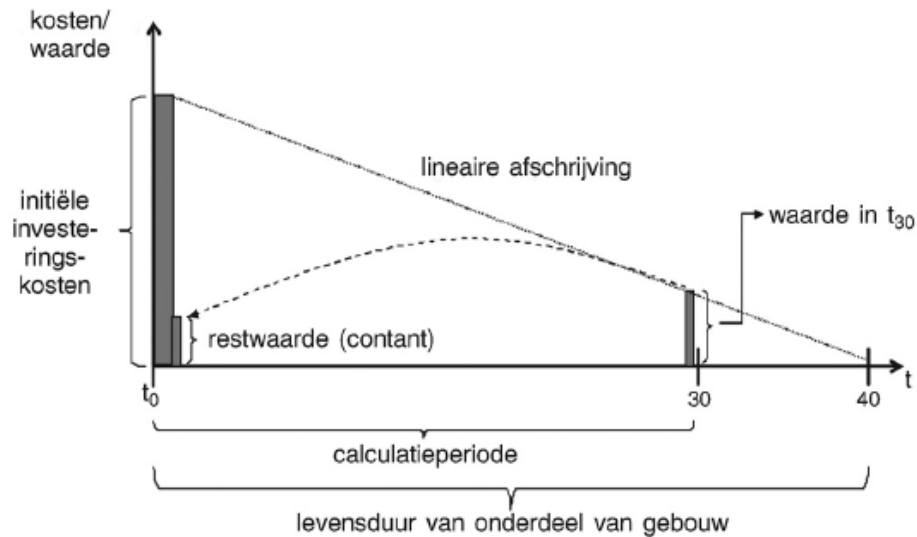
De jaarlijkse onderhoudskosten worden berekend op basis van een percentage van de initiële investeringskost.

Deze percentages zijn weergegeven in bovenstaande tabel.

2.6 Restwaarde van investeringen (Vtf)

Indien de levensduur van bepaalde installaties groter is dan de beschouwde gebruiksduur, wordt een restwaarde van die investering in rekening gebracht. Dit geldt ook voor installaties die intussen worden vernieuwd.

De restwaarde wordt bepaald door hetgeen rest van de initiële investeringskost na lineaire afschrijving. Deze waarde wordt verder geactualiseerd.



Grafiek 3.9: Berekeningsmethode van de restwaarde a.h.v. lineaire afschrijving

In formulevorm:

$$V_{T_f}(j) = K_I(0, j) * \left[\frac{(n + 1) * T_n(j) - T}{T_n(j)} \right] * \left[\frac{1}{(1 + R_R)} \right]^T$$

Hierbij staan bovenstaande symbolen voor:

$K_I(0, j)$ = Investeringskost voor maatregel j in jaar 0

$T_n(j)$ = levensduur beschouwde energiebesparende maatregel

T = actualisatietermijn

R_R = reële rentevoet

n = aantal herinvesteringen gedurende actualisatietermijn

Figuur 1: berekeningswijze voor de geactualiseerde restwaarde, bron studie naar kostenoptimale niveaus...

2.7 Subsidies (Vsub)

Door de veranderende subsidiemaatregelen werd ervoor gekozen om de gebruiker zelf het correcte bedrag in te laten vullen. Hij kan hiervoor inlichtingen inwinnen op betreffende websites zoals <https://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/bouwen-en-verbouwen/premie-van-de-netbeheerder-voor-een-warmtepomp>

In de subsidieregelingen wordt een onderscheid gemaakt tussen woningen/woongebouwen en niet-woongebouwen, nieuwbouw en renovatie.

Bovendien kan men eventueel beroep doen op:

- Vermindering van onroerende voorheffing

- Verhoogde investeringsaftrek
- Ecologiepremie

Vermindering van onroerende voorheffing

Sinds het aanslagjaar 2009 kan men voor een nieuwe energiezuinige woning of gebouw een vermindering van de onroerende voorheffing krijgen. Die vermindering wordt automatisch toegekend op het aanslagbiljet. De vermindering van de onroerende voorheffing wordt bepaald door het E-peil van het gebouw.

bron: <http://www.vlaanderen.be/nl/bouwen-wonen-en-energie/kopen-en-verkopen/vermindering-van-de-onroerende-voorheffing-voor-een-energiezuinige-nieuwbouwwoning>

Verhoogde investeringsaftrek

De **verhoogde investeringsaftrek** is een tegemoetkoming van de federale overheid die de mogelijkheid biedt aan bedrijven om hun belastbare winst te verminderen met een verhoogde investeringsaftrek voor energiebesparende investeringen.

Bron: <http://www.energiesparen.be/verhoogdeinvesteringsaftrek>

Ecologiepremie

Een ecologiepremie is een financiële tegemoetkoming aan ondernemingen die ecologie-investeringen zullen realiseren in het Vlaamse Gewest. Onder ecologie-investeringen worden milieu-investeringen en investeringen op energiegebied verstaan. Met de ecologiepremie wil de Vlaamse overheid ondernemingen stimuleren om hun productieproces milieuvriendelijk en energiezuinig te organiseren en zij neemt daarbij een gedeelte van de extra investeringskosten, die een dergelijke investering met zich meebrengt, voor haar rekening.

bron: <http://www.agentschapondernemen.be/maatregel/ecologiepremie-ep-plus>

2.8 Verbruikskosten (Ke)

Onder verbruikskosten vallen de energiekosten voor elektriciteit en gas.

Voor de berekening van de actuele kost moet niet alleen rekening worden gehouden met de normale actualisatievoet (discontovoet) maar tevens met de energie-evolutie.

De prijzevolutie van gas en elektriciteit kan door de gebruiker worden aangepast zodat hijzelf scenario's kan generen.

2.8.1 Elektriciteitsverbruik

Volgende componenten worden in rekening gebracht voor de berekening van het elektriciteitsverbruik:

voor de productie van warmte

- de warmtepomp (incl. bronpompen)
- de elektrische bijstook voor warmte

voor de productie van koude

- de warmtepomp (actief of passief)
- de compressiekoelmachine

De elektriciteitsprijs is afhankelijk van het verbruik en de type gebruiker. De eenheidsprijs per kWh wordt uit een tabel overgenomen.

2.8.1.1 Warmteproductie

Indien $Q_{\text{vraag-W}} = \text{totale jaarlijkse warmtebehoefte}$

$$Q_{\text{vraag-W}} = Q_{\text{vraag-R}} + Q_{\text{vraag-SWW}}$$

met

$Q_{\text{vraag-R}}$ = jaarlijkse energievraag voor ruimteverwarming (kWh/j.)

$Q_{\text{vraag-SWW}}$ = jaarlijkse energievraag voor de aanmaak van sanitair warm water (kW/j)

Een gedeelte van $Q_{\text{vraag-W}}$ wordt geleverd door de warmtepomp ($Q_{\text{WP-C}}$). Dit gedeelte wordt door de tool berekend op basis van de Beta-factor waarop vervolgens het $WP_{\text{aandeel-w}}$ wordt bepaald.

Het resterend gedeelte (indien $\text{Beta} < 1$) $Q_{\text{vraag-rest}} = Q_{\text{vraag-W}} - Q_{\text{WP-C}}$ wordt opgewekt door het backup systeem. In de economische en ecologische screeningstool worden zowel een elektrisch als gasgestookt backup systeem in beschouwing genomen.

gedeelte warmtepomp

het elektriciteitsverbruik ($E_{\text{el-WP}}$) wordt berekend op basis van de SPF van het systeem.

$$E_{\text{el-WP}} = Q_{\text{WP-C}} / \text{SPF}$$

Volgens de EPB-richtlijn:

$$\text{SPF} = f_{\theta} f_{\Delta\theta} f_{\text{pumps}} f_{\text{AHU}} \text{COP}_{\text{test}}$$

met

$$f_{\theta} = 1 + 0.01(43 - \theta_{\text{supply, design}})$$

$$f_{\Delta\theta} = 1 + 0.01(\Delta\theta_{\text{design}} - \Delta\theta_{\text{test}})$$

$$f_{\text{pumps}} = \frac{1}{1 + P_{\text{pumps}}/P_{\text{HP}}}$$

Deze correctiefactoren worden vergeleken met de VDI 4650 (*Calculation of heat pumps. Simplified method for the calculation of the seasonal performance factor of heat pumps. Electric heat pumps for space heating and domestic hot water*)

$F_{\Delta\theta}(f_{\Delta\theta})$

wordt afgelezen uit onderstaande tabel:

Table 1. Correction factor $F_{\Delta\theta}$ for deviating temperature differences at the condenser

	Temperature difference during laboratory measurement, $\Delta\theta_M$ in K							
$\Delta\theta_B^{*)}$ in K	3	4	5	6	7	8	9	10
3	1,000	0,990	0,980	0,969	0,959	0,949	0,939	0,928
4	1,010	1,000	0,990	0,980	0,969	0,959	0,949	0,939
5	1,020	1,010	1,000	0,990	0,980	0,969	0,959	0,949
6	1,031	1,020	1,010	1,000	0,990	0,980	0,969	0,959
7	1,041	1,031	1,020	1,010	1,000	0,990	0,980	0,969
8	1,051	1,041	1,031	1,020	1,010	1,000	0,990	0,980
9	1,061	1,051	1,041	1,031	1,020	1,010	1,000	0,990
10	1,072	1,061	1,051	1,041	1,031	1,020	1,010	1,000

^{*)} $\Delta\theta_B$ – Temperature difference during operation at the design point of the heating system

Indien de EPB-formule wordt toegepast, bekomt men afgerond dezelfde waarden. Zie onderstaande tabel.

Tabel 1: correctiefactoren op basis van EPB-formule

		test							
		3	4	5	6	7	8	9	10
ontwerp	3	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93
	4	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94
	5	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95
	6	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97	0,96
	7	1,04	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98	0,97
	8	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1	0,99	0,98
	9	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1	0,99
	10	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1

Indien de gebruiker geen waarden ingeeft, wordt de waarde bij ontstentenis gebruikt: 0.93.

F_{θ} (f_{θ})

wordt afgelezen uit onderstaande tabel:

Tabelle 2. Correction factor F_{θ} for ground-source heat pumps under different operating conditions

Direct evaporation	Brine/water heat pump	Maximum supply temperature, $T_{\text{vorl, max}}$ in °C					
$t_{\text{Erde, min}}$ in °C	$t_{\text{Sole, min}}^{*)}$ in °C	30	35	40	45	50	55
5	5	1,198	1,150	1,102	1,053	1,005	0,956
4	4	1,185	1,137	1,090	1,041	0,992	0,943
3	3	1,173	1,125	1,077	1,028	0,979	0,930
2	2	1,161	1,113	1,065	1,016	0,967	0,917
1	1	1,148	1,100	1,052	1,003	0,954	0,904
0	0	1,135	1,087	1,039	0,990	0,940	0,890
-1	-1	1,122	1,074	1,026	0,977	0,927	0,877
-2	-2	1,110	1,062	1,014	0,965	0,915	0,864
-3	-3	1,099	1,051	1,002	0,953	0,903	0,852

^{*)} $t_{\text{Sole, min}}$ – minimum temperature of brine at heat pump inlet

Indien pompvermogen (P_p) gekend is:

$$F_p = 1 + P_p / P_{wp}$$

met P_{wp} = elektrisch vermogen van de warmtepomp onder testomstandigheden

Bovenstaande berekeningswijze voor de SPF (of β volgens de VDI notatie) is voor ruimteverwarming en aanmaak van sanitair warm water hetzelfde.

Voor de berekening van de correctiefactoren wordt voor de aanmaak van SWW een afgiftetemperatuur van 55°C vooropgesteld.

berekeningswijze voor een monovalent systeem

In dit geval dekt de WP de volledige behoefte aan warmte zowel voor ruimteverwarming als de aanmaak van SWW.

De globale SPF (β_{wp}) wordt als volgt berekend:

$$\beta_{wp} = \frac{1}{\frac{x}{\beta_r} + \frac{y}{\beta_w}}$$

met x het procentueel aandeel ruimteverwarming: $Q_{\text{vraag-R}} / Q_{\text{vraag-W}}$

met y het procentueel aandeel verwarming SWW: $Q_{\text{vraag-SWW}} / Q_{\text{vraag-W}}$

berekeningswijze voor een mono-energetisch systeem

In dit geval dekt de WP een deel van de behoefte aan warmte zowel voor ruimteverwarming als de aanmaak van SWW. Het andere deel wordt elektrisch aangemaakt.

De berekening van de SPF blijft hetzelfde als bij een monovalent systeem.

berekeningswijze voor een bivalent systeem

In dit geval dekt de WP een deel van de behoefte aan warmte zowel voor ruimteverwarming als de aanmaak van SWW. Het andere deel wordt met de gasketel aangemaakt.

2.8.1.2 Koudeproductie

passief koelen:

Het elektriciteitsverbruik ($E_{\text{koel, passief}}$) bij passief koelen wordt enkel veroorzaakt door de circulatiepomp.

$$E_{\text{koel, passief}} = \text{Koelbehoefte (kW/jaar)} / \text{rendement}_{\text{koel, passief}}$$

De gebruiker kan dit rendement zelf invullen, standaard wordt een rendement van 12

actief koelen:

Het elektriciteitsverbruik ($E_{\text{koel, actief}}$) bij actief koelen wordt veroorzaakt door de compressor en de circulatiepomp.

$$E_{\text{koel, actief}} = \text{Koelbehoefte (kW/jaar)} / \text{rendement}_{\text{koel, actief}}$$

koelen met een compressiekoelmachine systeem.

Deze optie wordt benut bij de standaardoplossing als er een koelbehoefte is of als er onvoldoende koeling is door actief of passief te koelen.

Er wordt verondersteld dat bij de geothermische oplossing de optie actief of passief koelen volstaat om aan de koelbehoefte te voldoen.

Het energieverbruik ($E_{\text{koel, compr.}}$) wordt berekend op basis van de EER (Energy Efficiency Ratio)

$$E_{\text{koel, compr.}} = \text{koelbehoefte} / \text{EER}$$

De gebruiker kan de EER invullen. Standaard wordt de EER = 3 gesteld.

2.8.2 Gasverbruik

voor de productie van warmte

- de gasketel (voor de standaardoplossing en voor het backup systeem bij de geothermische oplossing)

$E_{\text{gas}} = (\text{resterende}) \text{ verwarmingsbehoefte} / \text{rendement}$

Er wordt gerekend een rendement van 95%. De gebruiker kan dit getal aanpassen.

$E_{\text{kost, gas}} = E_{\text{gas}} \times \text{gasprijs}$

De gasprijs wordt bepaald ifv van verbruik en type gebruiker.

De gebruiker kan dit aanpassen.

3. Ecologische analyse

3.1 Primair energieverbruik

Het primair energieverbruik (E_{primair}) wordt berekend op basis van het jaarlijkse gas- en elektriciteitsverbruik:

$$E_{\text{primair}} = E_{\text{elekt}} \times 2.5 + E_{\text{gas}} \times 1$$

3.2 CO₂-uitstoot

De CO₂-uitstoot wordt ook berekend op basis van het jaarlijkse gas- en elektriciteitsverbruik:

Elektriciteit	0,320	kg/kWh
Gas	0,197	kg/kWh

3.3 Kost CO₂

CO ₂ --kost	
Tot 2025	20 €/ton
2025-2030	35 €/ton
Na 2030	50 €/ton

4. Bibliografie

3E, I. (2013). *Studie naar kostenoptimale energieprestatie-eisen bij niet-residentiële gebouwen, eindrapport.*

J. Van der Veken. (2013). *Studie naar kostenoptimale niveaus van de minimumeisen inzake energieprestaties van gerenoveerde bestaande residentiële gebouwen.* VEA.

regulation, c. d. (2012). EU n° 244/2012 tot aanvulling vande richtlijn 2010/31/EU van het Europees Parlement en de Raad. *Regulations.*