

Aardwarmtewinning

- Mogelijkheden en beperkingen
- Een algemene beschouwing gebaseerd op de ervaringen in de voorbereiding van het 'Aardwarmte project Delfland' (1980 – 1984)

Aardwarmte winning

- Hoge enthalpie (temp. boven 150 °C)
 - Italië
 - Indonesië
 - U.S.A.
 - Nieuw Zeeland
- Lage enthalpie (temp. onder 100 °C)
 - Frankrijk (bekken van Parijs)

Winning versus Opslag

- **Winning:**
 - Dieper dan 1600 m.
 - Temperatuur > 70 °Celsius
 - Seizoen onafhankelijk
 - In domein van de olie- en gaswinning

- **Opslag:**
 - Tot 400 m. diepte
 - Seizoen gestuurd
 - In domein van de grondwaterwinning

Frankrijk

- 1969 : Melun
- 1975 – 1984 : Expansie in bekken van Parijs(Orde grootte 15 doubletten)
- Kenmerken:
 - Gunstige hydrogeologische situatie
 - Toepassing in H.L.M.
 - Exploitatie door gemeenten
 - Politieke steun

Algemeen

- 1973 – 1984
 - Ongekende stijging van energiekosten en verwachting van een bijna continue verdere stijging
 - Grote belangstelling voor economisch en ecologisch verantwoorde alternatieven (nadagen van Club van Rome)
 - Beschikbare E.U. fondsen (vanuit Frankrijk gestimuleerd)

Wetmatigheden

- Lokatie afhankelijk

Wetmatigheden

- Lokatie afhankelijk
- Diepte en dikte formaties alleen te bepalen met kostbaar seismisch onderzoek

Wetmatigheden

- Lokatie afhankelijk
- Diepte en dikte formaties alleen te bepalen met kostbaar seismisch onderzoek
- Gedrag geselecteerde formatie (permeabiliteit) niet vast te stellen zonder proefboringen en testen

Wetmatigheden

- Lokatie afhankelijk
- Diepte en dikte formaties alleen te bepalen met kostbaar seismisch onderzoek
- Gedrag geselecteerde formatie (permeabiliteit) niet vast te stellen zonder proefboringen en testen
- Consequentie: Grote risicovolle investeringen

Wetmatigheden

- Lokatie afhankelijk
- Diepte en dikte formaties alleen te bepalen met kostbaar seismisch onderzoek
- Gedrag geselecteerde formatie (permeabiliteit) niet vast te stellen zonder proefboringen en testen
- Consequentie: Grote risicovolle investeringen
- Productie - injectie zekerheid is niet gegarandeerd

Wetmatigheden

- Lokatie afhankelijk
- Diepte en dikte formaties alleen te bepalen met kostbaar seismisch onderzoek
- Gedrag geselecteerde formatie (permeabiliteit) niet vast te stellen zonder proefboringen en testen
- Consequentie: Grote risicovolle investeringen
- Productie – injectie zekerheid is niet gegarandeerd
- Warmte is een relatief weinig bruikbare of flexibele energiebron

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- **Vorbereidingsfase 1980 – 1982**
 - Projectvoorstel naar E.Z. en E.U.
 - Inventarisatie potentiële gebieden (R.G.D.)
 - Selectie gebied (Spijkenisse – Delfland Naaldwijk)
 - Samenwerking Frans ingenieursbureau Geotherma
 - Verkrijgen informatie Franse zandsteen-projecten in bekken van Parijs (Melleray – Achères)
 - Aankoop seismische lijnen (N.A.M.)
 - Interpretatie seismische lijnen (Geologic)
 - Voorstudie reservoir eigenschappen op basis van openbare gegevens

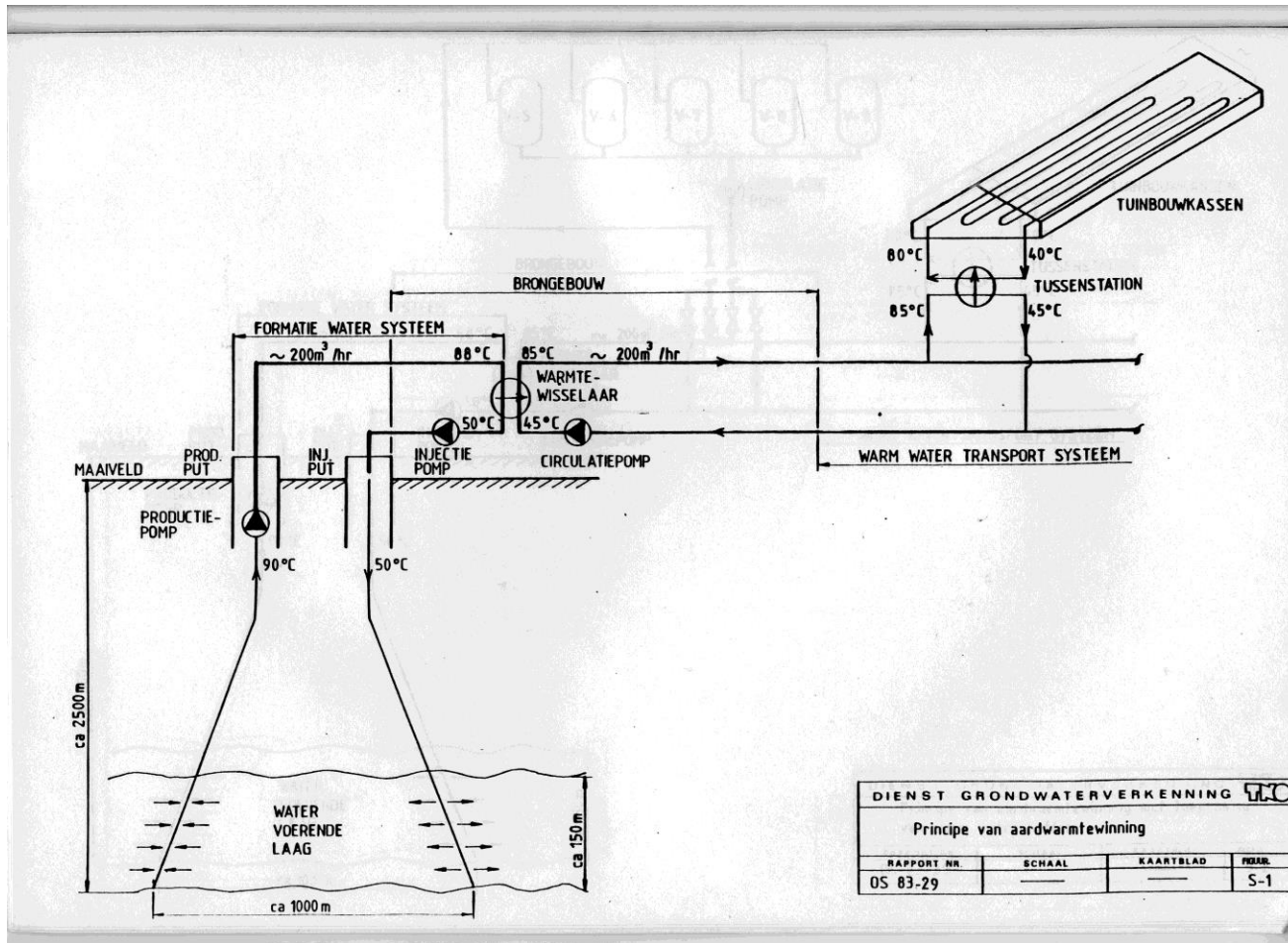
Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- **Uitvoeringsfase 1982 – 1984**
 - Opvragen offertes (boorfirma's, contractors e.d.)
 - Overleg Arbeidsinspectie / Staatstoezicht op de Mijnen
 - Selectie lokatie – opstellen huurovereenkomst
 - Overleg verzekeringsmaatschappij (Frankrijk)
 - Opstellen begroting ondergronds + terreinkosten
 - Ontwerp bovengrondse installaties met varianten (Comprimo)
 - Opstellen begroting bovengrondse installaties (Comprimo)
 - Financieel / economische voorspellingen (Comprimo)
 - Onderzoek financiële participatie

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)



Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Technische specificaties – Ondergronds
 - Diepte top reservoir: 2300 – m maaiveld

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Technische specificaties – Ondergronds
 - Diepte top reservoir: 2300 m - maaiveld
 - Dikte reservoir: 160 m

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Technische specificaties – Ondergronds
 - Diepte top reservoir: 2300 m - maaiveld
 - Dikte reservoir: 160 m
 - Geschatte transmissiviteit: 80 Dm

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Technische specificaties – Ondergronds
 - Diepte top reservoir: 2300 m - maaiveld
 - Dikte reservoir: 160 m
 - Geschatte transmissiviteit: 80 Dm
 - Geschatte porositeit: 18%

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Technische specificaties – Ondergronds
 - Diepte top reservoir: 2300 m - maaiveld
 - Dikte reservoir: 160 m
 - Geschatte transmissiviteit: 80 Dm
 - Geschatte porositeit: 18%
 - Verwachte temperatuur in reservoir: 92 °C

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Technische specificaties – Ondergronds
 - Diepte top reservoir: 2300 m - maaiveld
 - Dikte reservoir: 160 m
 - Geschatte transmissiviteit: 80 Dm
 - Geschatte porositeit: 18%
 - Verwachte temperatuur in reservoir: 90 °C
 - Afstand productieput – injectieput in reservoir: ca 1000 m

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Technische specificaties – Ondergronds
 - Diepte top reservoir: 2300 m - maaiveld
 - Dikte reservoir: 160 m
 - Geschatte transmissiviteit: 80 Dm
 - Geschatte porositeit: 18%
 - Verwachte temperatuur in reservoir: 90 °C
 - Afstand productieput – injectieput in reservoir: ca 1000 m
 - Temp. productieput – injectieput aan oppervlakte: 90 °C – 50 °C

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Technische specificaties – Ondergronds
 - Diepte top reservoir: 2300 m - maaiveld
 - Dikte reservoir: 160 m
 - Geschatte transmissiviteit: 80 Dm
 - Geschatte porositeit: 18%
 - Verwachte temperatuur in reservoir: 90 °C
 - Afstand productieput – injectieput in reservoir: ca 1000 m
 - Temp. productieput – injectieput aan oppervlakte: 90 °C – 50 °C
 - Verwachte levensduur tot eerste verschijnsel van daling temperatuur in productieput: 3 °C na 30 jaar bij een volume stroom van 200 m³ per uur

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Technische specificaties – Bovengronds
 - Afzet van $21,4 \text{ MW}_{\text{th}}$ over 15,9 ha glastuinbouw binnen een straal van 800 m (temp. in kas 80 – 40 °C)

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Technische specificaties – Bovengronds
 - Afzet van 21,4 MW_{th} over 15,9 ha glastuinbouw binnen een straal van 800 m (temp. in kas 80 – 40 °C)
 - Bij een aansluitwaarde van 1,8 MW per ha, basislast 30% en een bedrijfstijd van het doublet van 4000 uur per jaar zou dit geresulteerd hebben in een:
 - Netto besparing per jaar van 32470 MWh overeenkomend met 3,70 x 10⁶ m³ aardgas (Glastuinbouw behoudt noodzaak gas t.b.v. piek en behoefte aan CO₂)

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Kosten uitvoering ondergrondse werken (doublet) (prijspeil 1983)
 - Twee boringen + testen: 13,3 tot 19,1 Mfl
 - Incl. terreininrichting, verzekering, afvoer testwater, pompproductieput e.d.
- Kosten uitvoering bovengrondse installaties(prijspeil 1983)
 - 11,51 Mfl (autonome levering)
 - 6,94 Mfl (levering in combinatie met NEOM warmtepijp)
 - Incl. injectiepomp

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Totale kosten uitvoering geothermisch project Delfland in Mfl (prijspeil 1983):
 - 26,78 (minimum) tot 32,61 (maximum) (bij autonome warmtelevering)
 - 22,81 (minimum) tot 28,04 (maximum) (bij combinatie met de NEOM warmtepijp uit het Botlek gebied)

Noot: Stel 27 Mfl. investering proefproject Delfland in Euro in 1983 = 12,25 M€ . Als inflatie verrekend wordt dan is dit in 2016 equivalent aan M€ 21,75. Vergelijk dit met geothermie project Den Haag (2010): opgegeven als ca M€ 50

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Totale kosten per jaar van onderhoud en bediening geothermisch project Delfland in Mfl (prijspeil 1983):
- Autonome warmtelevering: 0,60
- Variant met NOVEM warmtepijp: 0,46

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Energie-prijs scenario's (opgesteld in 1984)
 - Gasprijs in centen per m³

	PBE TNO	EZ hoog	EZ midden
1984	40 ?	35	35
1989	41	34	33
1994	46	40	37
1999	54	45	42
2004	63	54	50
2007	68	59	54

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Interne rentevoet bij een productieduur van 25 jaren en een inflatie van 5% en uitgaande van een EZ midden aardgasprijsscenario (dat was toentertijd het meest toegepaste scenario) – Marktrente voor 10 jaar vast was in 1984: 9%
 - 1,44 % (autonome warmtelevering)
 - 3,86 % (combinatie met NEOM warmtepijp)
- Interne rentevoet bij een productieduur van 25 jaren en een inflatie van 5% en uitgaande van een PBE-TNO aardgasprijsscenario (dat was toentertijd het hoogste toegepaste scenario)
 - 4,36 % (autonome warmtelevering)
 - 6,67 % (combinatie met NEOM warmtepijp)

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Afwijzing door E.Z. (eind 1984)
 - Geen financiële participatie van een derde partij (gemeld)

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Afwijzing door E.Z. (eind 1984)
 - Geen financiële participatie van een derde partij (gemeld)
 - Te slecht rendement (berekend)

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Afwijzing door E.Z. (eind 1984)
 - Geen financiële participatie van een derde partij (gemeld)
 - Te slecht rendement (berekend)
 - Te grote belasting van het jaarlijks beschikbare budget voor onderzoek van ‘alternatieve energiebronnen’ (enigszins gemeld)

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Afwijzing door E.Z. (eind 1984)
 - Geen financiële participatie van een derde partij (gemeld)
 - Te slecht rendement (berekend)
 - Te grote belasting van het jaarlijks beschikbare budget voor onderzoek van ‘alternatieve energiebronnen’ (enigszins gemeld)
 - Belasting en/of bezwaren van: Gasunie, Gem. energiebedrijf ‘Den Haag’ en NAM (niet gemeld, wel ervaren)

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Afwijzing door E.Z. (eind 1984)
 - Geen financiële participatie van een derde partij (gemeld)
 - Te slecht rendement (berekend)
 - Te grote belasting van het jaarlijks beschikbare budget voor onderzoek van ‘alternatieve energiebronnen’ (enigszins gemeld)
 - Belasting en/of bezwaren van: Gasunie, Gem. energiebedrijf ‘Den Haag’ en NAM (niet gemeld, wel ervaren)
 - Problematische verhouding met NEOM i.v.m. Warmtepijp Botlekgebied (niet gemeld)

Proefproject Delfland

(uitgevoerd door R.G.D. – D.G.V. TNO – Comprimo)

- Afwijzing door E.Z. (eind 1984)
 - Geen financiële participatie van een derde partij (gemeld)
 - Te slecht rendement (berekend)
 - Te grote belasting van het jaarlijks beschikbare budget voor onderzoek van ‘alternatieve energiebronnen’ (enigszins gemeld)
 - Belasting en/of bezwaren van: Gasunie, Gem. energiebedrijf ‘Den Haag’ en NAM (niet gemeld, wel ervaren)
 - Problematische verhouding met NEOM i.v.m. Warmtepijp Botlekgebied (niet gemeld)
 - Onduidelijkheid m.b.t. status van het project (Mijnwet, W.I.R., BTW e.d) (enigszins gemeld)

Frankrijk 1985 - 1992

- 40 - 50% van de gerealiseerde projecten worden in deze periode verlaten (opgegeven)
- Oorzaken:
 - Toezegging 'niet meer dan anders'
 - Rentelasten
 - Technische storingen (o.a. corrosie, aantastingen, verstoppingen o.a. een gevolg van goedkope uitvoering en dan met name slordige putafwerking)

Aardwarmte versus electriciteit uit zon of wind

- Lokatie afhankelijk

Aardwarmte versus electriciteit uit zon of wind

- Lokatie afhankelijk
- Geen openbare historische gegevens versus KNMI

Aardwarmte versus electriciteit uit zon of wind

- Lokatie afhankelijk
- Geen openbare historische gegevens versus KNMI
- Warmte versus electriciteit

Aardwarmte versus electriciteit uit zon of wind

- Lokatie afhankelijk
- Geen openbare historische gegevens versus KNMI
- Warmte versus electriciteit
- In domein olie-en gas winning (concessie problematiek) versus domein openbare ruimte

Aardwarmte versus electriciteit uit zon of wind

- Lokatie afhankelijk
- Geen openbare historische gegevens versus KNMI
- Warmte versus electriciteit
- In domein olie-en gas winning (concessie problematiek) versus domein openbare ruimte
- Hoge en risicovolle investeringen

Aardwarmte versus electriciteit uit zon of wind

- Lokatie afhankelijk
- Geen openbare historische gegevens versus KNMI
- Warmte versus electriciteit
- In domein olie-en gas winning (concessie problematiek) versus domein openbare ruimte
- Hoge en risicovolle investeringen
- Kleinschalig versus grootschalig

Aardwarmte versus electriciteit uit zon of wind

- Lokatie afhankelijk
- Geen openbare historische gegevens versus KNMI
- Warmte versus electriciteit
- In domein olie-en gas winning (concessie problematiek) versus domein openbare ruimte
- Hoge en risicovolle investeringen
- Kleinschalig versus grootschalig
- Onzekerheid m.b.t. leveringsgarantie versus zekerheid leveringsgarantie

Bijzondere aspecten

- Hoge onderzoekskosten en hoge investeringen

Bijzondere aspecten

- Hoge onderzoekskosten en hoge investeringen
- Concurrentie met restwarmte

Bijzondere aspecten

- Hoge onderzoekskosten en hoge investeringen
- Concurrentie met restwarmte
- Afname is lokatie gebonden

Bijzondere aspecten

- Hoge onderzoekskosten en hoge investeringen
- Concurrentie met restwarmte
- Afname is lokatie gebonden
- Geen garantie van continuïteit levering

Bijzondere aspecten

- Hoge onderzoekskosten en hoge investeringen
- Concurrentie met restwarmte
- Afname is lokatie gebonden
- Geen garantie van continuïteit levering
- Gevoelig voor concurrentie van andere energie bronnen, principe van 'niet meer dan anders'

Bijzondere aspecten

- Hoge onderzoekskosten en hoge investeringen
- Concurrentie met restwarmte
- Afname is lokatie gebonden
- Geen garantie van continuïteit levering
- Gevoelig voor concurrentie van andere energie bronnen, principe van 'niet meer dan anders'
- Anno 2016 is publieke opinie uiterst kritisch t.o.v. activiteiten in de ondergrond

Bijzondere aspecten

- Hoge onderzoekskosten en hoge investeringen
- Concurrentie met restwarmte
- Afname is lokatie gebonden
- Geen garantie van continuïteit levering
- Gevoelig voor concurrentie van andere energie bronnen, principe van 'niet meer dan anders'
- Anno 2016 is publieke opinie uiterst kritisch t.o.v. activiteiten in de ondergrond
- Problematiek van gashoudend formatiewater

Bijzondere overweging

- Gebruik bestaande putten (olie-en gasexploratie alt. winning). Veld De Lier (1992-1993)
 - Lagere kosten (?)
 - Technische en andere bezwaren
 - Diameter
 - Olie-en / of gasresten
 - Bezwaren oliemaatschappijen (onvoorspelbaar)

2016 versus 1984

- Aangepaste en verbeterde putafwerkingen (horizontaal boren en 'fracking') (*positief*)

2016 versus 1984

- Aangepaste en verbeterde putafwerkingen (horizontaal boren en 'fracking') (*positief*)
- Technische vooruitgang m.b.t. toe te passen materialen (warmtewisselaar, corrosie beschermende materialen e.d.) (*positief*)

2016 versus 1984

- Aangepaste en verbeterde putafwerkingen (horizontaal boren en 'fracking') *(positief)*
- Technische vooruitgang m.b.t. toe te passen materialen (warmtewisselaar, corrosie beschermende materialen e.d.) *(positief)*
- Toepassing lagere temperaturen in verwarmingssystemen *(positief)*

2016 versus 1984

- Aangepaste en verbeterde putafwerkingen (horizontaal boren en 'fracking') (*positief*)
- Technische vooruitgang m.b.t. toe te passen materialen (warmtewisselaar, corrosie beschermende materialen e.d.) (*positief*)
- Toepassing lagere temperaturen in verwarmingssystemen (*positief*)
- Lage rentevoet (*positief*)

2016 versus 1984

- Aangepaste en verbeterde putafwerkingen (horizontaal boren en 'fracking') *(positief)*
- Technische vooruitgang m.b.t. toe te passen materialen (warmtewisselaar, corrosie beschermende materialen e.d.) *(positief)*
- Toepassing lagere temperaturen in verwarmingssystemen *(positief)*
- Lage rentevoet *(positief)*
- CO₂ problematiek *(positief)*

2016 versus 1984

- Aangepaste en verbeterde putafwerkingen (horizontaal boren en 'fracking') *(positief)*
- Technische vooruitgang m.b.t. toe te passen materialen (warmtewisselaar, corrosie beschermende materialen e.d.) *(positief)*
- Toepassing lagere temperaturen in verwarmingssystemen *(positief)*
- Lage rentevoet *(positief)*
- CO₂ problematiek *(positief)*
- Garantieregeling overheid van risico eerste boring *(positief)*

2016 versus 1984

- Aangepaste en verbeterde putafwerkingen (horizontaal boren en 'fracking') *(positief)*
- Technische vooruitgang m.b.t. toe te passen materialen (warmtewisselaar, corrosie beschermende materialen e.d.) *(positief)*
- Toepassing lagere temperaturen in verwarmingssystemen *(positief)*
- Lage rentevoet *(positief)*
- CO₂ problematiek *(positief)*
- Garantierегeling overheid van risico eerste boring *(positief)*
- Relatief lage energieprijzen en geen vertrouwen in prijsscenario's *(negatief)*

2016 versus 1984

- Aangepaste en verbeterde putafwerkingen (horizontaal boren en 'fracking') (*positief*)
- Technische vooruitgang m.b.t. bovengronds toe te passen materialen (warmtewisselaar, corrosie beschermende materialen e.d.) (*positief*)
- Toepassing lagere temperaturen in verwarmingssystemen (*positief*)
- Lage rentevoet (*positief*)
- CO₂ problematiek (*positief*)
- Garantierегeling overheid van risico eerste boring (*positief*)
- Relatief lage energieprijzen en geen vertrouwen in prijsscenario's (*negatief*)
- Publieke weerstand t.o.v. werkzaamheden in de ondergrond (*negatief*)

2016 versus 1984

- Aangepaste en verbeterde putafwerkingen (horizontaal boren en 'fracking') (*positief*)
- Technische vooruitgang m.b.t. bovengronds toe te passen materialen (warmtewisselaar, corrosie beschermende materialen e.d.) (*positief*)
- Toepassing lagere temperaturen in verwarmingssystemen (*positief*)
- Lage rentevoet (*positief*)
- CO₂ problematiek (*positief*)
- Garantierегeling overheid van risico eerste boring (*positief*)
- Relatief lage energieprijzen en geen vertrouwen in prijsscenario's (*negatief*)
- Publieke weerstand t.o.v. werkzaamheden in de ondergrond (*negatief*)
- Afname gasonttrekking in prov. Groningen (*positief*)

Aardwarmte in de woningbouw

Het probleem is planning

- Toepassing van aardwarmte compliceert planning bij bouw of bij uitbreiding van een grootverbruiker (woningbouw of stedenbouw)
- Redenen:
 - Confidentialiteit gegevens ondergrond
 - Noodzakelijk voor-onderzoek om geothermisch potentieel ter plaatse te kunnen inschatten en indien mogelijk vaststellen
 - Moeilijke afstemming van de fasen van ontwikkeling en bouw
 - Moeilijk voorspelbare energievoorraad en continuïteit

Mening (conclusies)

- Geothermie in Nederland lijkt goed toepasbaar bij kleine groep gebruikers (b.v. glas-tuinbouw / Hotelcomplex / winkelcentra)
- Reservoirtechnische ervaring is nauwelijks toepasbaar bij een volgend doublet (ervaringswaarde is voor wat betreft de ondergrond uiterst beperkt)
- Levensduur en onderhoudskosten zijn anno 2016 nog onzeker, daardoor zijn alle financieel-economische voorspellingen weinig betrouwbaar
- Grote afhankelijkheid van additionele energiebronnen bij piek en tijdens onderhoud of storing
- Afhankelijkheid van rentevoet
- Afhankelijkheid van kosten andere energieproducten
- Verlagen gevraagde temperaturen bij gebruikers zal bepalend zijn voor haalbaarheid. Cascade schakeling zou een significante verbetering zijn.
- Financieel-economische compensatie bij CO₂ reductie zal bepalend zijn voor haalbaarheid

Slotwoord

- Waarom werd in 1984 geen uitvoering gegund van een geothermische exploitatie in de, voor geothermie, meest gunstige Nederlandse lokatie ?