



Energy research Centre of the Netherlands

Warmtepompen en de toekomst

H. Visser

Gepresenteerd tijdens Nederlands Platform Warmtepompen, 25 mei 2010, Doorwerth



Energy research Centre of the Netherlands

Warmtepompen en de toekomst

Huib Visser

NPW Congres 25 mei 2010



Nederlands Platform Warmtepompen



Wat gaat u horen

1. Een energieneutrale gebouwde omgeving is mogelijk
2. De warmtepomp is daarbij een belangrijk element
3. De warmtepomp kan beter en slimmer
4. Gemakkelijker kunnen we het niet maken, wel leuker!



Nederlands Platform Warmtepompen

Ambities

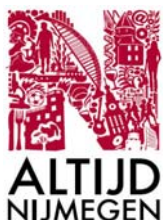
Gemeente Almere



‘Aaneenschakeling van CO₂ neutrale wijken moet leiden tot een energieneutraal Almere’



‘In 2020 energieneutraal’



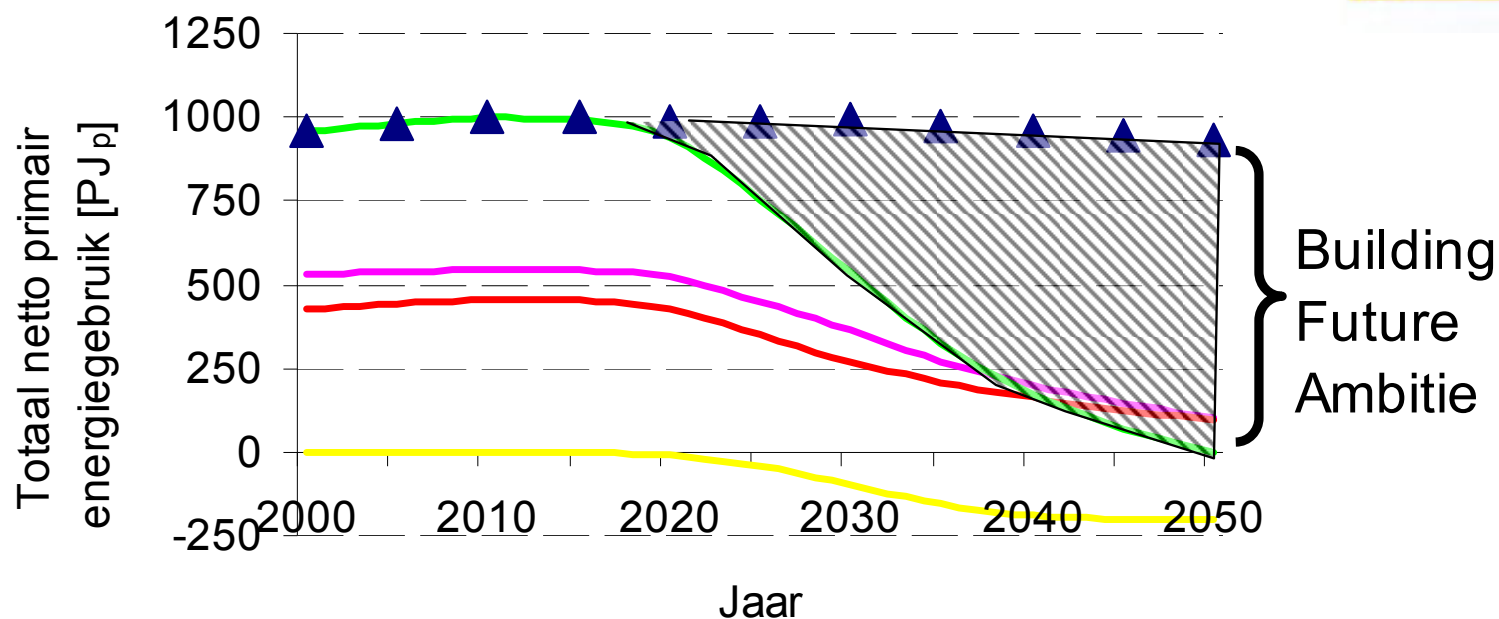
‘Waalsprong in 2020 energieneutraal’



‘In 2030 50% CO₂-neutraal, in 2050 100% CO₂-neutraal’

Ambitie Building Future – ECN/TNO

‘In 2050 is de gebouwde omgeving in Nederland energieneutraal’



- ▲ Totaal Business As Usual
- Woningen Transitiescenario
- Utiliteitsgebouwen Transitiescenario
- Wijkssystemen Transitiescenario
- Totaal Transitiescenario

Ambities – afgeleide doelstellingen voor 2050

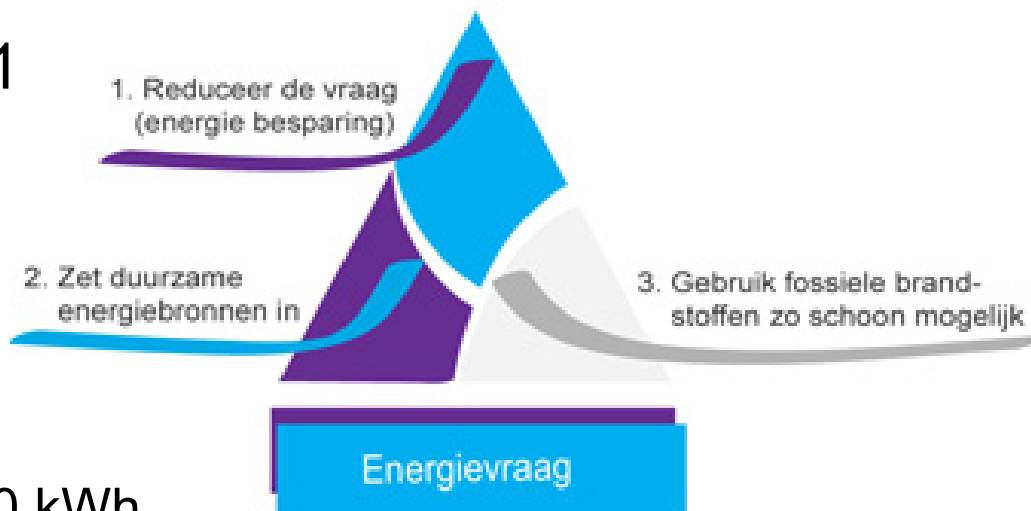
	Renovatie 2050	Nieuwbouw 2050	Wijk 2050
Toegestaan gasverbruik [m ³ /jaar]	100	0	
Toegestaan elektriciteitsgebruik [kWh _e /jaar]	2600	2600	
Elektriciteitsproductie [kWh _e /jaar]	2600	8600	3500

Omzetting mogelijk: 100 m³ ↔ 440 kWh_e

Maatregelen voor energieneutraliteit

Basis: Trias Energetica stap 1

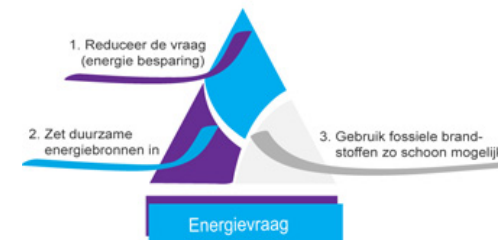
- Reductie warmtevraag:
 - nieuwbouw: 15 kWh/m²; 150 m³ gas
 - renovatie: 28 kWh/m²; 280 m³ gas
- Reductie elektriciteitsvraag: 2600 kWh_e
- Extra WTW uit ventilatielucht
- 75% WTW uit warm afvalwater: resteert 90 m³ gas
- Dakoppervlakte:



	Woningen	Appartementen
Bestaande bouw (helft daken op Zuid)	35 m ²	20 m ² /app.
Nieuwbouw (alle daken op Zuid)	50 m ²	28 m ² / app.

Maatregelen voor energieneutraliteit

Systemen: Trias Energetica stap 2 en 3

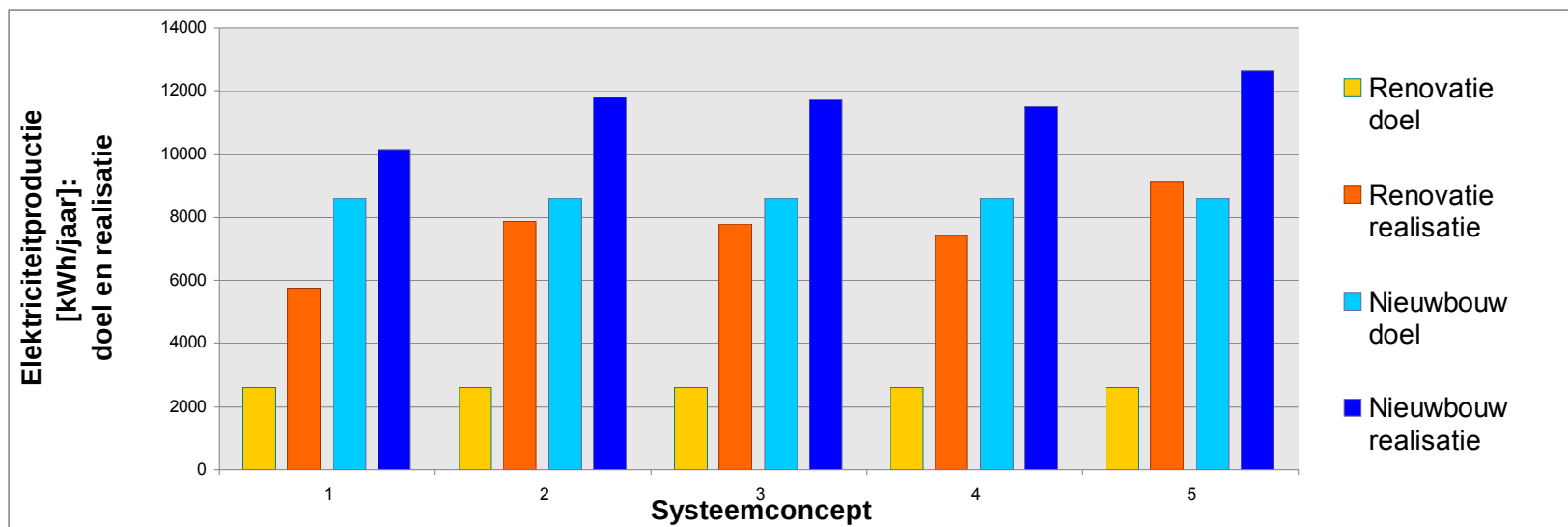


Systeem	Opslag/bron	Opbrengst 2050
PV		250 kWh _e
Zonnecollectoren	water	0,7 GJ/m ²
Zonnecollectoren	thermochemisch - TCM	1,2 GJ/m ²
Warmtepomp	grond	550% (SPF)
Warmtepomp	buitenlucht	450% (SPF)
WKK - Stirling		25% (η_e)
WKK - brandstofcel		60% (η_e)

Combinaties maatregelen (selectie)

Voor zongeoriënteerde huizen:

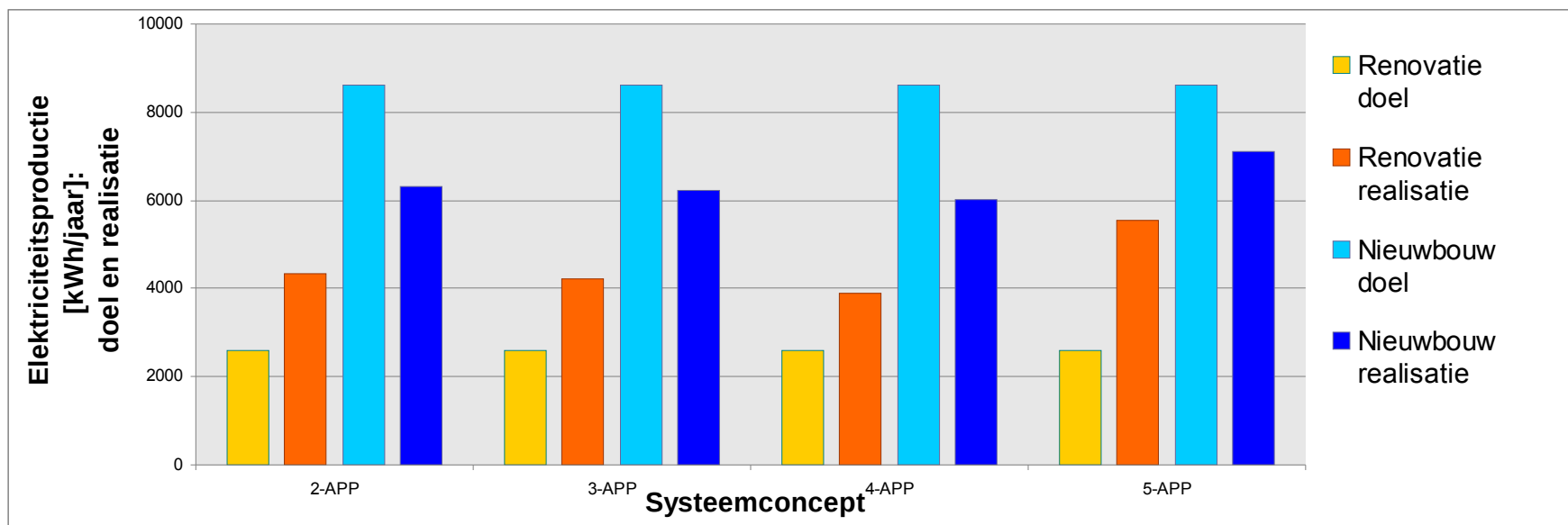
- E-zuinig huis – WTW afvalwater – collectoren + TCM opslag – PV
- E-zuinig huis – WTW afvalwater – warmtepomp + bodem – PV
- E-zuinig huis – WTW afvalwater – warmtepomp + buitenlucht – PV
- E-zuinig huis – WTW afvalwater – WKK-Stirling – PV
- E-zuinig huis – WTW afvalwater – WKK-brandstofcel – PV



Combinaties maatregelen (selectie)

Voor zongeoriënteerde appartementen:

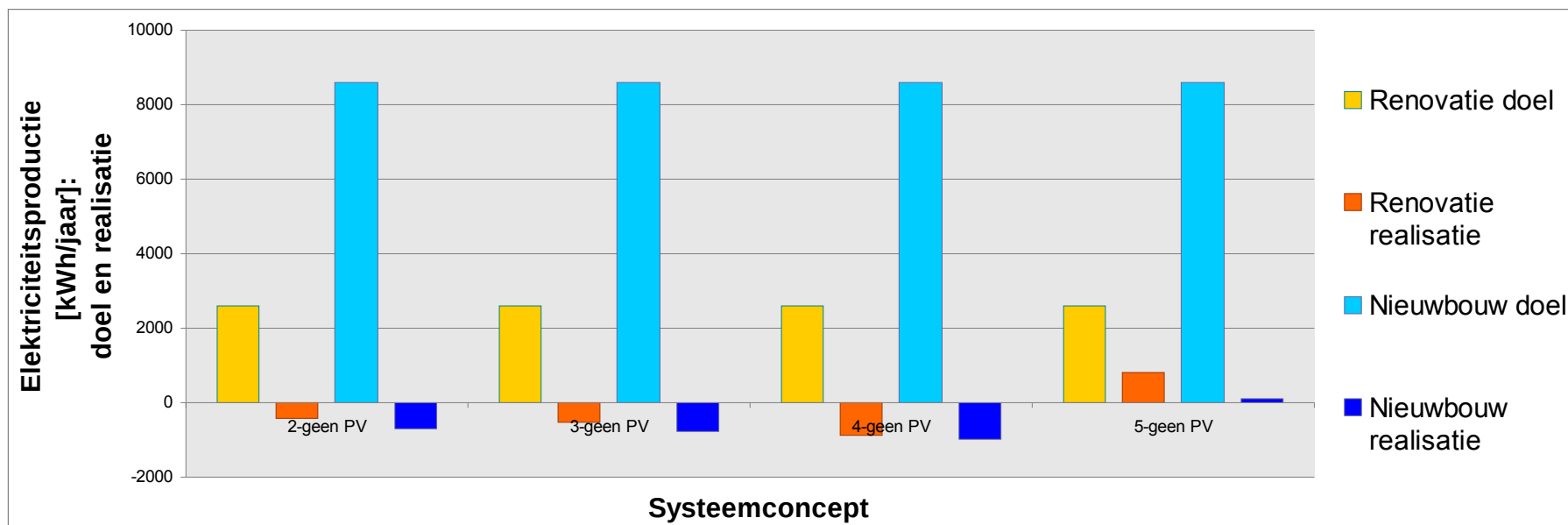
2. E-zuinig appartement – WTW afvalwater – warmtepomp + bodem – PV
3. E-zuinig appartement – WTW afvalwater – warmtepomp + buitenlucht – PV
4. E-zuinig appartement – WTW afvalwater – WKK-Stirling – PV
5. E-zuinig appartement – WTW afvalwater – WKK-brandstofcel – PV



Combinaties maatregelen (selectie)

Voor niet-zongeoriënteerde woningen:

2. E-zuinig woning – WTW afvalwater – warmtepomp + bodem
3. E-zuinig woning – WTW afvalwater – warmtepomp + buitenlucht
4. E-zuinig woning – WTW afvalwater – WKK-Stirling
5. E-zuinig woning – WTW afvalwater – WKK-brandstofcel



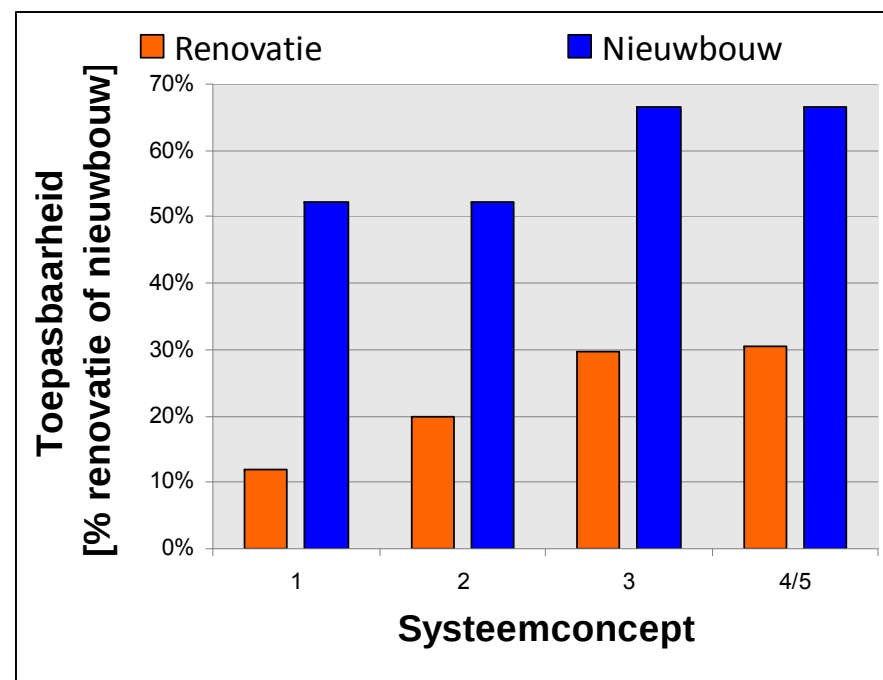
Toepasbaarheid combinaties

Type woning	
Vrijstaande woningen	11%
2-1-kap	14%
Rijtjeswoningen	47%
Appartementen	28%

Penalties:

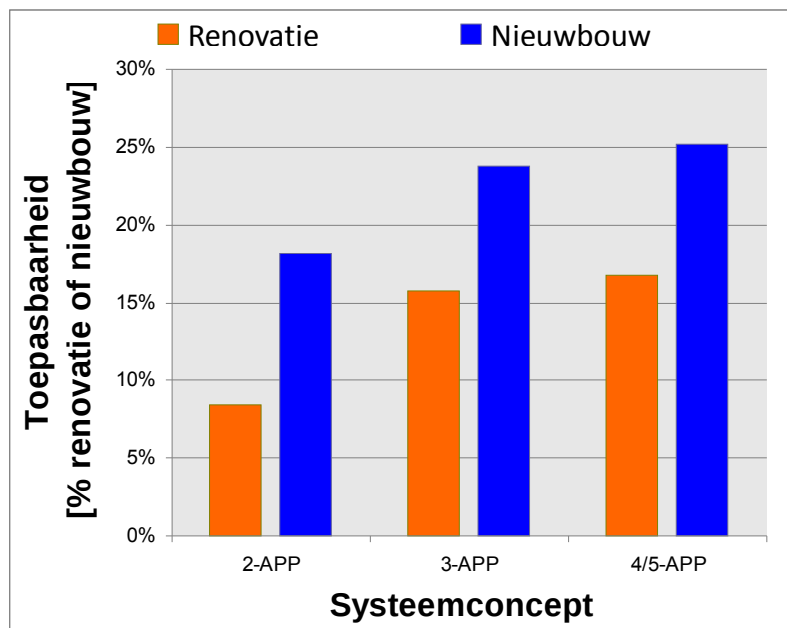
- Bodemwarmtewisselaar: -20%
- Ondergrondse infrastructuur bij renovatie (-5% tot -10%)
- Complexiteit systeem
- Ruimtegebrek binnenshuis

Zongeoriënteerde huizen:

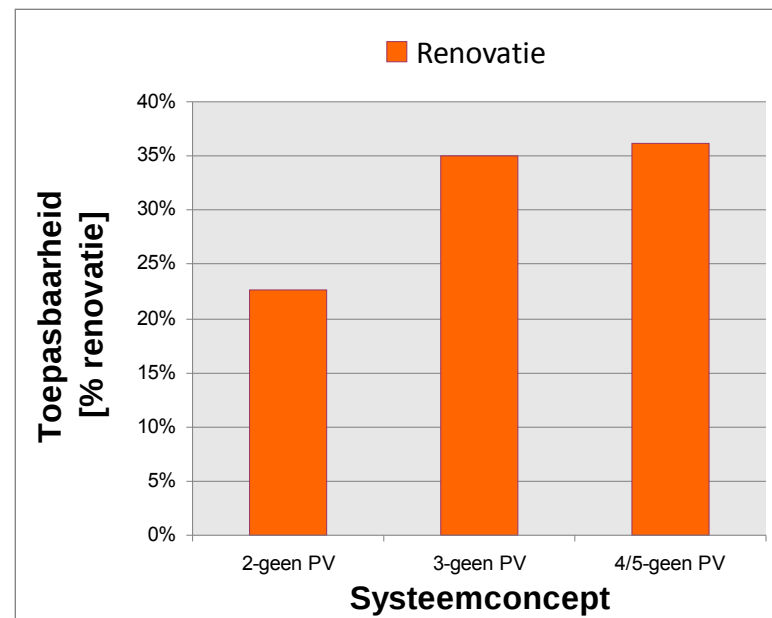


Toepasbaarheid combinaties

Zongeoriënteerde appartementen:



Niet-zongeoriënteerde woningen:

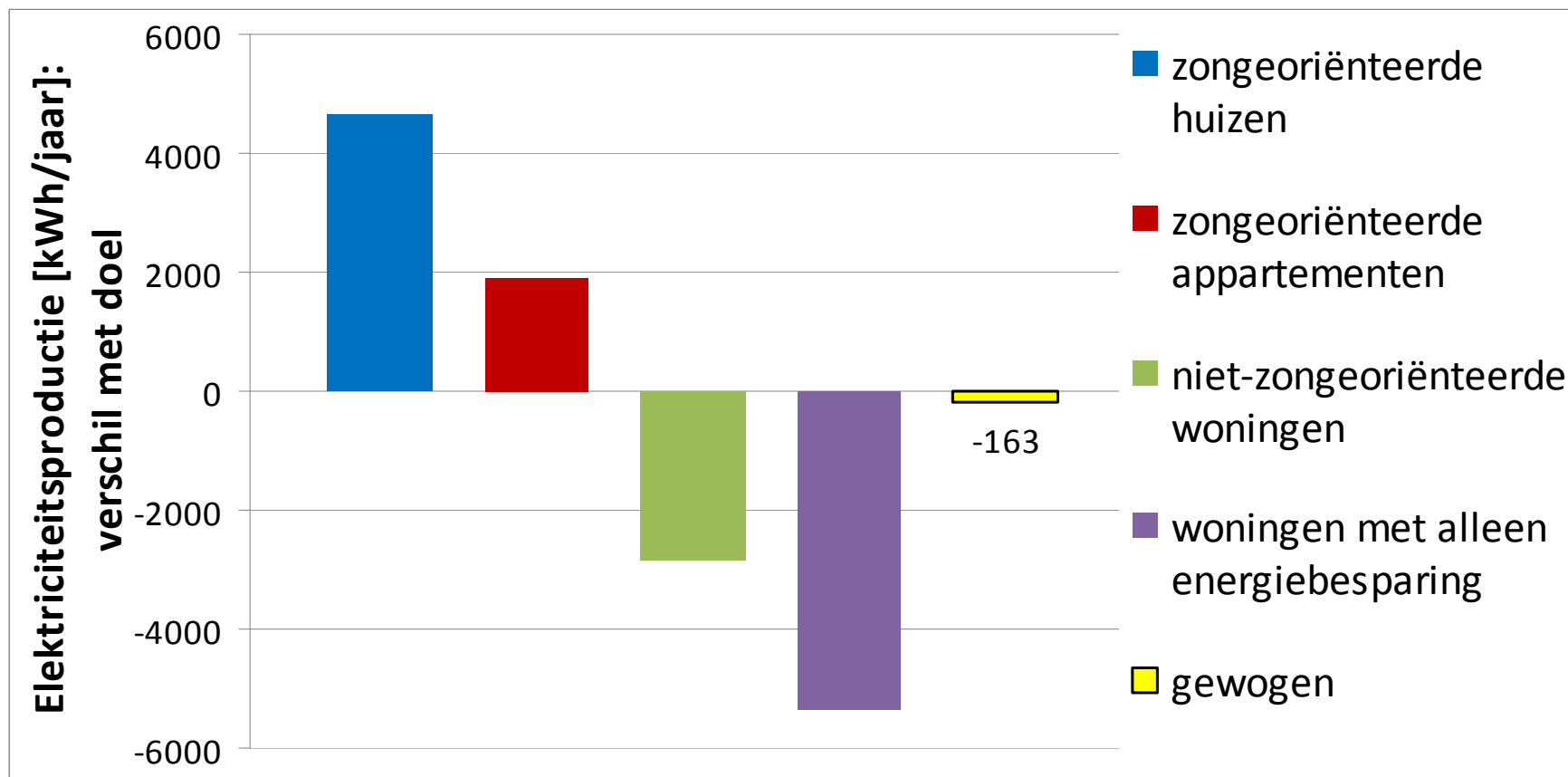


Dekkingsgraad combinaties:

- renovatie 84%
- nieuwbouw 92%

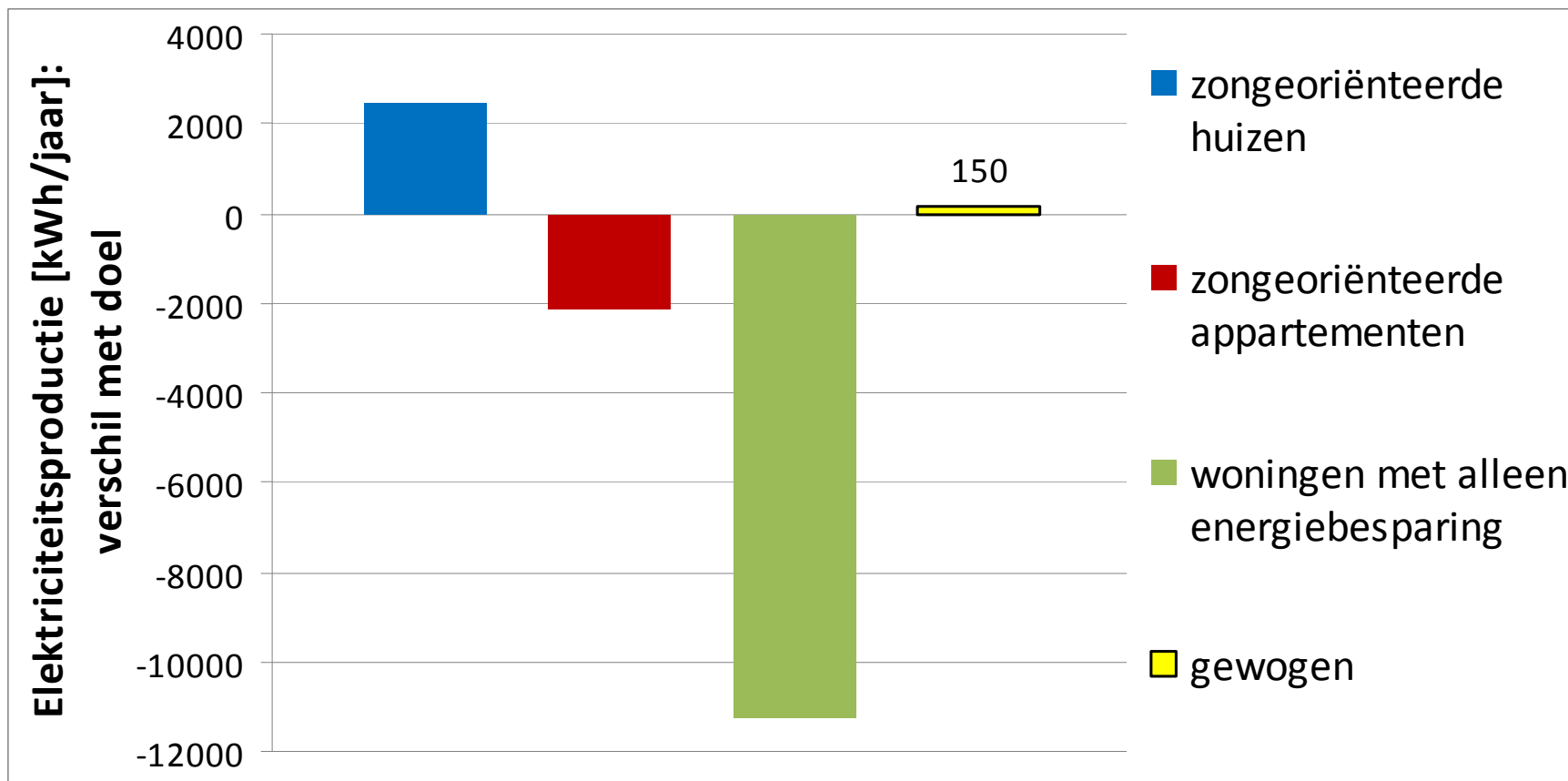
Energieneutraliteit – kan het?

Renovatie 2050:



Energieneutraliteit – kan het?

Nieuwbouw 2050:



Energieneutraliteit – kan het?

Ja:

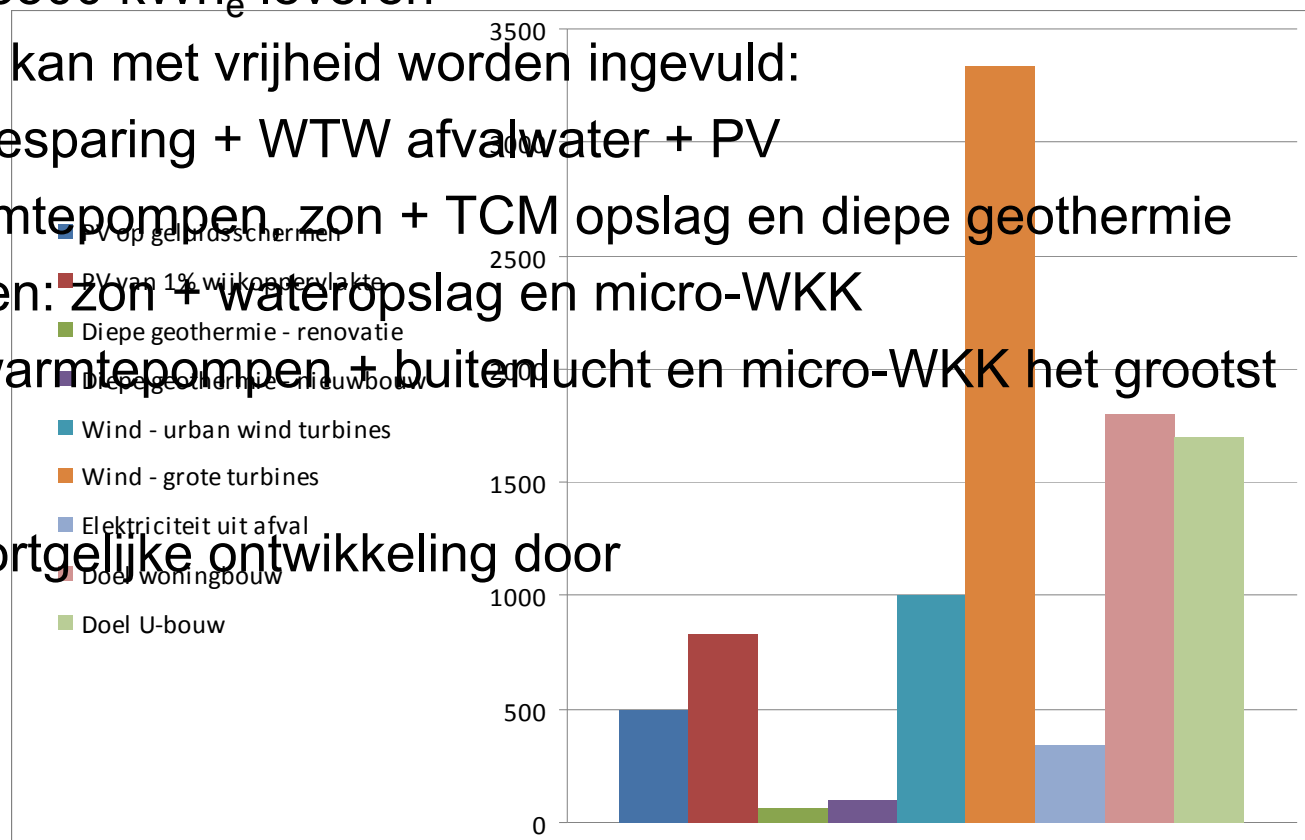
- Wijk kan ook nog 3500 kWh_e leveren
- Energieneutraliteit kan met vrijheid worden ingevuld:
 - Basis: energiebesparing + WTW afvalwater + PV
 - All-electric: warmtepompen, zon + TCM opslag en diepe geothermie
 - Gastoepassingen: zon + wateropslag en micro-WKK
- Toepasbaarheid warmtepompen + buitenlucht en micro-WKK het grootst

Aanname:

- U-bouw maakt soortgelijke ontwikkeling door

Niet beschouwd:

- Koeling
- Vervoer



Betere compressiewarmtepomp voor warm tapwater

Even terug ...

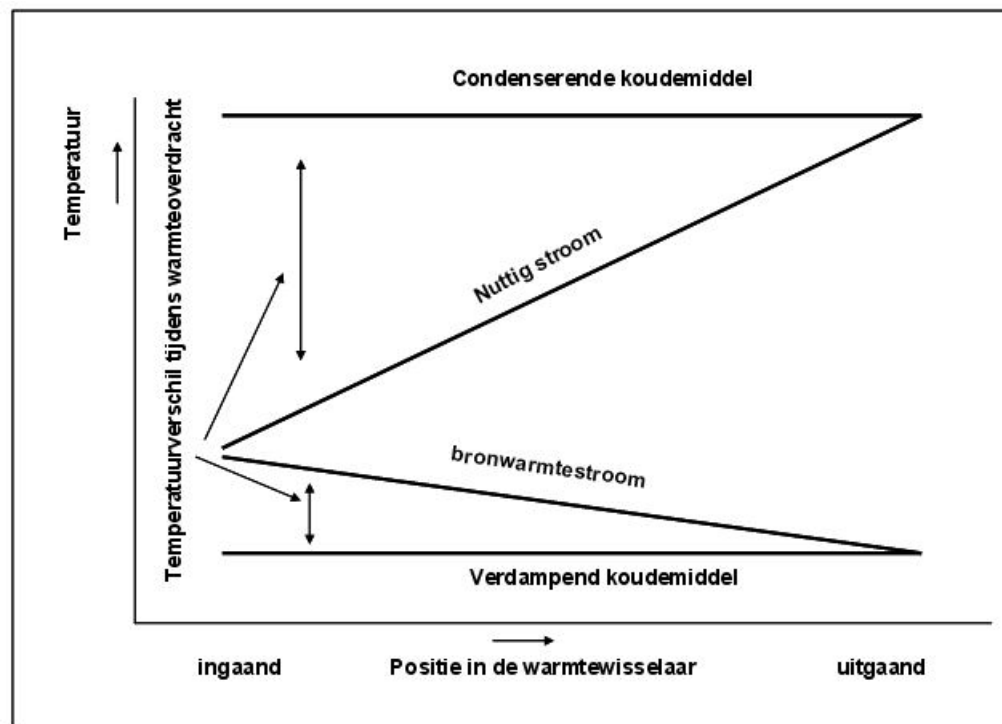
Systeem	Opslag/bron	Opbrengst 2050
...	...	...
Warmtepomp	grond	550% (SPF)
Warmtepomp	buitenlucht	450% (SPF)
...	...	...

Zowel voor ruimteverwarming als voor warm tapwater

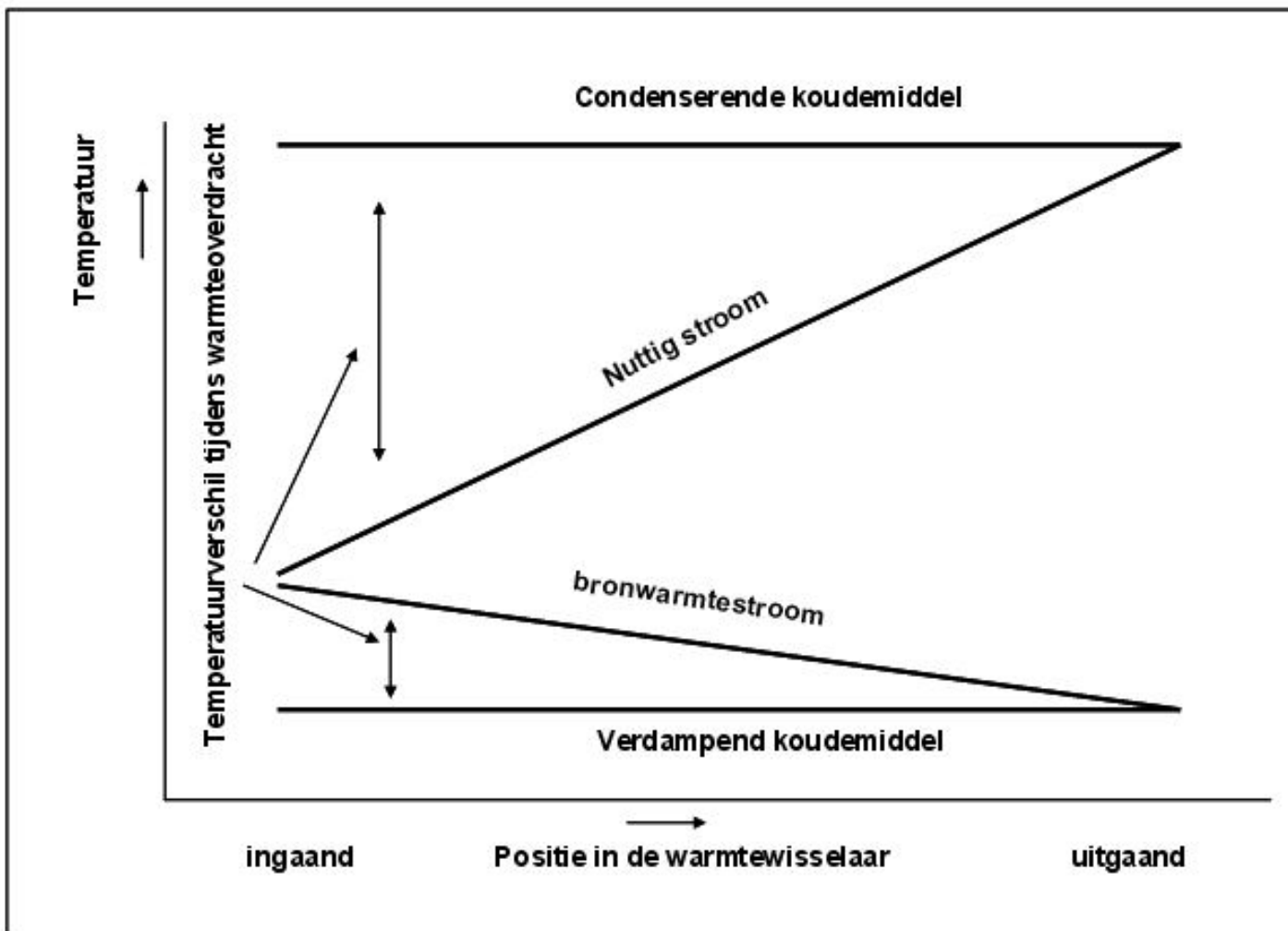
Theoretisch verbeterpotentieel

Theoretische analyse: bepaling verhouding

- ideale Carnot cyclus: alle warmte over de maximale lift
- thermodynamisch maximum rendement: warmte over het temperatuurtraject



Theoretisch verbeterpotentieel



Theoretisch verbeterpotentieel

Bronnen:

- grondwater 10°C
- buitenlucht 5°C voor RV en 9°C voor tap
- afvalwater 16°C (WTW afvalwater = 50%)
en 13°C (WTW afvalwater = 75%) (beperkte bron)

Warm tapwater:

- van 10°C naar 60°C

Ruimteverwarming:

- LTV
- bestaande radiatoren op ca. 40°C
- bestaande radiatoren op ca. 55°C

Theoretisch verbeterpotentieel

Resultaten theoretische analyse:

	temperaturen in °C						verbeter
	bron		nuttig		COP		potentieel
	Tin	Tuit	Tin	Tuit	carnot	th.max.	t.o.v.Carnot
tapwater + aquiferbron	10	7	10	60	6,3	11,9	89%
tapwater + luchtbron - jaar 9,0 gr.C	9	6	10	60	6,2	11,5	86%
ruimteverwarming LTV + aquiferbron	10	7	25	30	13,2	15,8	20%
RV 'bestaande radiatoren 1' + aquiferbron	10	7	38,5	43,5	8,7	9,7	11%
RV 'bestaande radiatoren 2' + aquiferbron	10	7	50	60	6,3	7,1	12%
ruimteverwarming LTV + luchtbron	5	2	25	30	10,8	12,5	16%
RV 'bestaande radiatoren 1' + luchtbron	5	2	38,5	43,5	7,6	8,4	10%
RV 'bestaande radiatoren 2' + luchtbron	5	2	50	60	5,7	6,4	11%
tapwater + WTW2-bron op 16 gr.C	16	13	10	60	7,1	15,5	119%
tapwater + WTW2-bron op 13 gr.C	13	10	10	60	6,7	13,5	102%

Theoretisch verbeterpotentieel

Conclusies theoretische analyse:

- basis: verwarmen langs temperatuurtraject
- grootste verbeterpotentieel t.o.v. Carnot bij tapwaterverwarming: 90%; bij afvalwater als bron zelfs 100-120%
- verbeterpotentieel t.o.v. Carnot bij ruimteverwarming: 10-20%
- voor ruimteverwarming is een lage temperatuur afgiftesysteem de belangrijkste factor

Vertaling naar Building Future 2050:

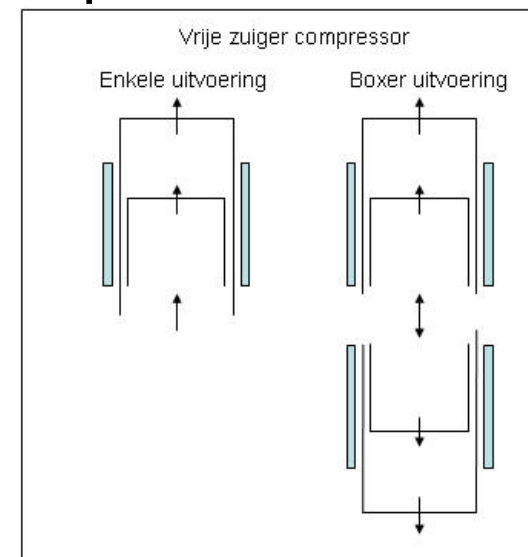
- aquiferbron: SPF = 5,5
- luchtbron: SPF = 4,5

Mogelijke thermodynamische cycli

- Transkritische warmtepompen (CO_2)
- Compressie-resorptie warmtepompen
- Koudemiddelen met een 'glide'
- Koudemiddelen met hoge soortelijke warmte als vloeistof t.o.v. de verdampingswarmte, bijvoorbeeld propaan

Aanbevelingen

- Inventarisatie koudemiddelen
- Inzet HR, olievrije, trillingsvrije compressor o.b.v. ECN vrije zuiger technologie



Andere warmtepompen - voorbeelden

Zeoliet-sorptiewarmtepomp Vaillant



Thermo-chemische opslag: COP = 20



Thermo-akoestische warmtepomp:
T-lift van 100 K; vooralsnog industrie



Veranderende omgeving van de warmtepomp

Inpassing in het systeem:

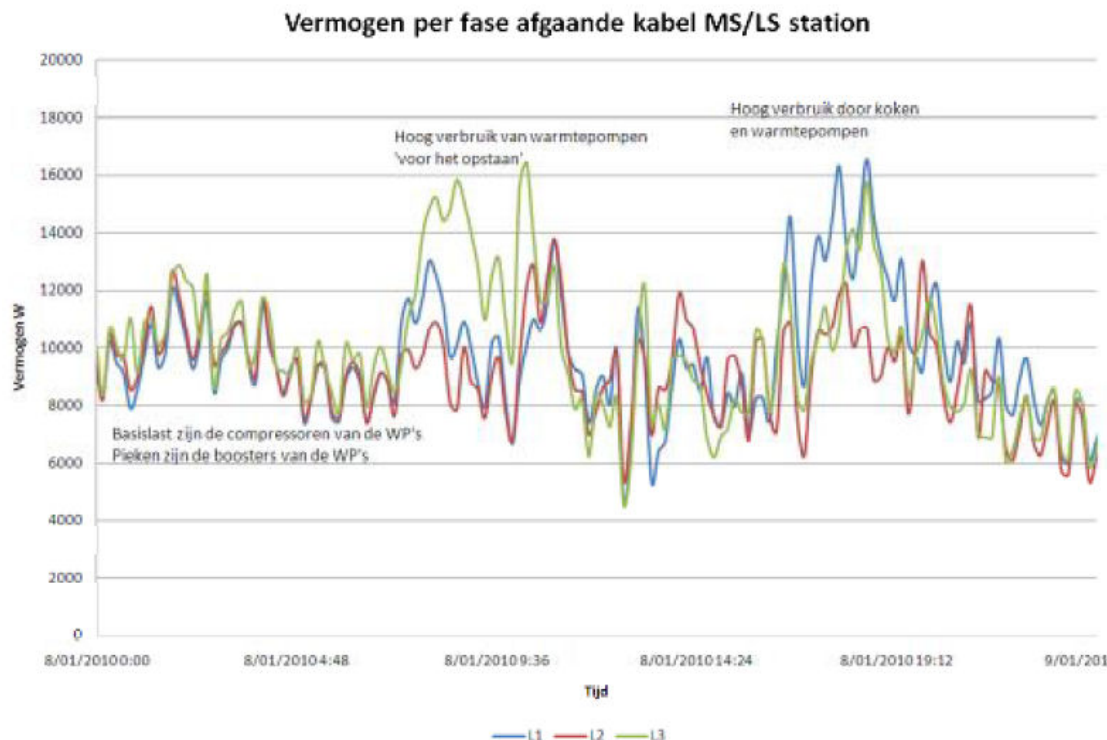
- Nieuwe bronnen:
 - afvalwater, riool
 - warmtenet op 40-50°C → warm tapwater 65°C
 - warmtenet op ca. 30°C (bijv. restwarmte koeling)
 - zonnewarmte op diverse temperaturen
- Nieuwe opslag- en afgiftesystemen:
 - compacte opslag
 - (bestaande) radiatoren in renovatiebouw
 - plug and play

Veranderende omgeving van de warmtepomp

Inpassing in het elektriciteitsnet:

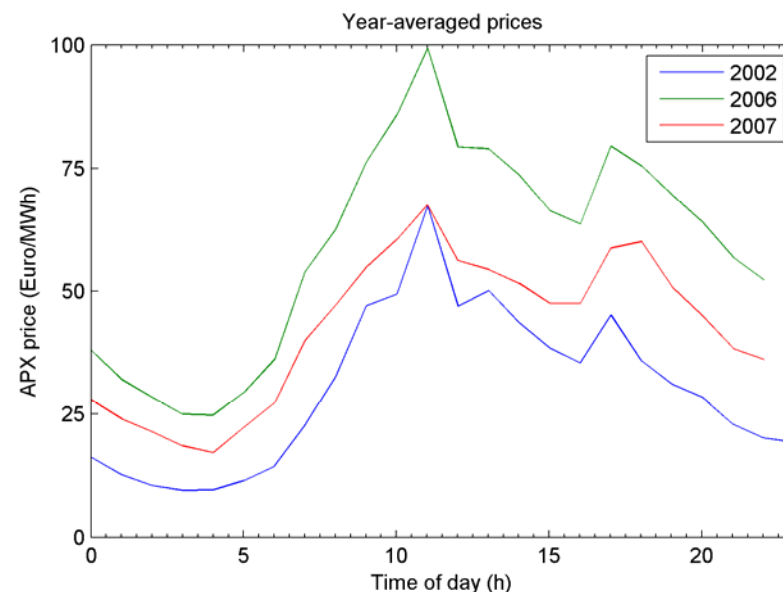
- Reductie E-kosten (hoog→laag tarief)
- Optimaal gebruik warmteopslag
 - verhoging comfort zonder boosters
 - combinatie met zonthermie

Voorbeeld E-gebruik warmtepomp en E-prijs



Bron voorbeeld: Stedin

Jaargemiddelde APX-prijs



Veranderende omgeving van de warmtepomp

Inpassing in het elektriciteitsnet (vervolg):

- Optimaal gebruik elektriciteitsopslag:
 - autoaccu's
 - E-net als opslag?
 - PV overschot 's zomers levert minder op dan E-tekort 's winters kost
- Slimme regeling (Power Matching)
 - sturing duurzame bronnen: PV, warmtepomp
 - combinatie met andere systemen: bijv. zonwering
 - Legionella-regeling
 - gebruik weersverwachting
 - real time pricing
 - combinatie met administratie bron

Kansen voor ontwikkelaars warmtepompen

Warmtepomp kan slimmer worden:

- Zelf beslissen in/uitschakelen
- Zelf andere systemen schakelen
- Zo niet, dan zal sturing van het E-net of van andere systemen/componenten

Vraag: willen warmtepompleveranciers deze rol spelen?

Samenvatting

- Energieneutrale gebouwde omgeving is mogelijk, maar dat is niet eenvoudig:
 - Energiebesparing met WTW uit afvalwater
 - Combinatie van PV met andere duurzame of energiezuinige technieken
 - Ook duurzame energie uit de wijk nodig
- Warmtepomp belangrijke component
- Warmtepomp dient verder ontwikkelt te worden:
 - COP > 5; ook voor warm tapwater; ideeën aanwezig
 - Inpassing in veelheid van bronnen, opslag- en afgiftesystemen
 - Warmtepomp moet slimmer worden

Tot slot

**‘We hebben alles al voor een energieneutrale toekomst ...
... we moeten het alleen nog toepassen’**

Vergeet het maar:

**‘We moeten nog hard ons best doen voor een energieneutrale
toekomst...
... we hebben een aardig begin gemaakt’**

Bedankt voor uw aandacht !