

KHK Studiedag

Is investeren in energie-efficiëntie rendabel?

Geel, 19 april 2007

**Technisch-economische analyse van de rendabiliteit
van energiebesparende investeringen**

**ir.-arch Griet Verbeeck
Departement Architectuur en Beeldende Kunst, PHL**

KHK Studiedag 19 april 2007

Inhoud

- 1. Algemeen kader**
- 2. Logica van energiebesparing**
- 3. Methodologie**
- 4. Enkele resultaten**
- 5. Besluiten**

KHK Studiedag 19 april 2007



Logica energiebesparing Methodologie Resultaten Besluit

Algemeen

Residentieel

↔

Niet residentieel

Woningen:

- warmtebehoefte in winter
- beperkte koelbehoefte in zomer

**Woningen =
gevel-bepaald energiesysteem**

Kantoren, scholen, ziekenhuizen,...:

- sterk verschillende comforteisen
- sterk variërende functiegebonden interne winsten
- geen eensluidend advies mogelijk
- niet residentieel hier hoofdzakelijk beperkt tot kantoren
- gedachtengang kan uitgebreid worden naar gebouwen met andere functies

**Niet-residentiële gebouwen =
gebruikers-bepaald energiesysteem**

KHK Studiedag 19 april 2007

Logica energiebesparing Methodologie Resultaten Besluit

Algemeen

Prestatie-eisen voor gebouwen

Niet-residentiële gebouwen:

- comfort grote invloed op productiviteit
- energiekost << gebouwkosten << bedrijfskosten
- prestige en imago
- gebouweigenaar ↔ gebruiker

Woningen:

- comfortgrenzen ruimer
- gebouweigenaar ↔ gebruiker

Prestatie-eisen	Woningen	Niet-residentiële gebouwen
Wintercomfort	X	x
Zomercomfort	x	X
Luchtkwaliteit	x	X
Licht / visueel comfort	x	X
Akoestisch comfort	x	X
Warm water	X	(x)
Energieverbruik apparatuur/toestellen	x	X
Energieverbruik verlichting	x	X

KHK Studiedag 19 april 2007

Algemeen Logica energiebesparing Methodologie Resultaten Besluit

Tijdspectief = levenscyclus van het gebouw:

ontwerpfase constructiefase gebruiksfase eindfase

onderhoud / herstel / renovatie

productiefase

Randvoorwaarden voor comfortabele leef/werkomgeving:

1. Beperkt kader: energie-efficiëntie tijdens gebruik

KHK Studiedag 19 april 2007

Algemeen Logica energiebesparing Methodologie Resultaten Besluit

Uitgangspunt:

totale energieprestatie van het gebouw wordt in rekening gebracht

Aanpak

1. Netto energiebehoeften minimaliseren
2. Installaties voor verwarming optimaliseren
 - koeling
 - ventilatie
 - luchtbehandeling

KHK Studiedag 19 april 2007

Algemeen **Logica energiebesparing** Methodologie Resultaten Besluit

Netto energiebehoefte: invloedsparameters

Warmteverliezen	Warmtewinsten
Compactheid $C=V/A$	
Planschikking	Planschikking
Beglazing (aard, grootte, oriëntatie en helling)	Beglazing
	Zonwering
Warmte-isolatie	Warmte-isolatie
	Warmte-opslag
Luchtdichtheid en Ventilatie	
	Gebruikers
	Apparatuur/Machines
	Verlichting

+ installaties:
- productie
- systeem

woningen kantoren

KHK Studiedag 19 april 2007

Algemeen Logica energiebesparing **Methodologie** Resultaten Besluit

Basis van de resultaten

- studies over rendabiliteit van energiezuinige maatregelen voor woningen (Vlaanderen en Brussel) en kantoren (Brussel)
- studie over ontwikkeling van extreem lage energiewoningen

Aanpak

1. statistische analyse van bestaande gebouwenpark en nieuwbouwactiviteit
2. keuze van referentiegebouwen voor nieuwbouw en renovatie
3. impact van energiebesparende maatregelen
 1. bouwkundig
 2. verwarmingsinstallatie

KHK Studiedag 19 april 2007

Algemeen	Logica energiebesparing	Methodologie	Resultaten	Besluit
Bouwkundige ingrepen				
woningen		kantoren		
<ul style="list-style-type: none"> • Isolatie per schildeel Daken, gevels, vloeren • Beglazing U = 5.7 tot 0.4 W/m²K g = 0.76 tot 0.21 • Glasoppervlakte • Raamprofielen U = 4.8 tot 0.65 W/m²K • Zonwering Manuele bediening • Luchtdichtheid Business as usual (SENVIVV), n₅₀ = 3/h, 1/h of 0.6/h 		<ul style="list-style-type: none"> • Isolatie per schildeel Daken, gevels, vloeren • Beglazing U = 5.7 tot 0.8 W/m²K g = 0.76 tot 0.3 Actieve gevels in beperkte mate • Raamprofielen U = 4.8 tot 0.65 W/m²K • Zonwering Manuele en automatische bediening • Luchtdichtheid BAU, n₅₀ = 3/h of 1/h 		
KHK Studiedag 19 april 2007				

Algemeen	Logica energiebesparing	Methodologie	Resultaten	Besluit
Installatietechnische ingrepen				
woningen		kantoren		
<ul style="list-style-type: none"> • Zinvolle combinaties van <ul style="list-style-type: none"> • Warmteproductie HR- en cond.ketel (gas/olie), WP (en WKK) • Warmte-afgifte HT- en LT-radiatoren en vloerverwarming • Regeling Watertemperatuur en kamertemperatuur • Sanitair ww productie • Ventilatie Natuurlijk, Afzuigventilatie Mech. ventilatie met of zonder recuperatie • Alternatieve energie Zonnecollectoren voor sww PV-modules 		<ul style="list-style-type: none"> • Zinvolle combinaties van <ul style="list-style-type: none"> • Warmteproductie HR- en cond.ketel (gas), WP (en WKK) • Warmte-afgifte Luchtverwarming, ventilo-convectoren, radiatoren en vloerverwarming • Regeling Watertemperatuur en kamertemperatuur • Koelingsystemen Luchtkoeling, koelbalken, koelplafonds, reversibele WP • Ventilatie (meer uitgebreid) Natuurlijke ventilatie, Afzuigventilatie Mech. ventilatie met of zonder recuperatie • Verlichting lampen en regeling 		
KHK Studiedag 19 april 2007				

Beoordelingscriteria (1): Energie en emissies

Levenscyclusinventaris

- **Totaal primair energieverbruik :**
 - = primair energieverbruik tijdens gebruiksfase (30 jaar)
 - + ingebouwd primair energieverbruik (t.o.v referentie)
- **Totale CO₂-emissies** of global warming potential GWP :
 - = CO₂-emissies tijdens gebruiksfase (30 jaar)
 - + ingebouwde CO₂-emissies (t.o.v. referentie)
- **Referentie**
 - nieuwbouw: niet geïsoleerde toestand
 - renovatie: bestaande toestand, meestal niet geïsoleerd

Beoordelingscriteria (2): Micro-economisch

Totale actuele kosten (TAK)

$$TAK = I_0 + \sum_{j=x,y,z} \frac{I(1+r_I)^j}{(1+a)^j} + \sum_{i=1}^n \frac{K_E(1+r_E)^i}{(1+a)^i} + \sum_{i=1}^n \frac{K_M(1+r_M)^i}{(1+a)^i}$$

= begininvestering + herinvestering + energiekosten + onderhoudskosten
geactualiseerd over 30 jaar

Netto contante waarde (NCW)

$$NCW = [-I_0 - \sum_{j=x,y,z} \frac{I(1+r_I)^j}{(1+a)^j} - \sum_{i=1}^n \frac{K_M(1+r_M)^i}{(1+a)^i}] + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta K_E(1+r_E)^i}{(1+a)^i}$$

> 0 → rendabel

→ **economisch optimum: minimale TAK of maximale NCW over 30 jaar**

Energieprijzen:

o.b.v. informatie Federaal ministerie Economie

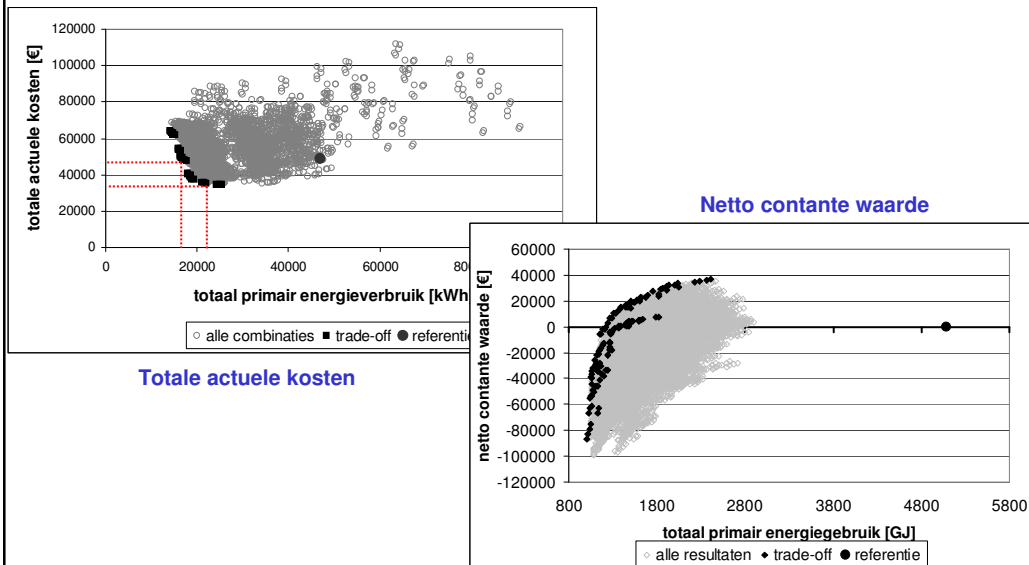
	Aardgas Tarief B, veralgemeende verwarming	Stookolie	Elektriciteit		
			Tweevoudig dagtarief	Tweevoudig nachttarief	Uitsluitend nachttarief
Proportioneel [c€/kWh]					
Vast [€/jaar]					

3 energiescenario's o.b.v. informatie Mineco en Planbureau:

- aardgas en elektriciteit: +0% (laag) +2.1% (midden) +4.3% (hoog)
- stookolie: +0% (laag) +1.9% (midden) +3.2% (hoog)

KHK Studiedag 19 april 2007

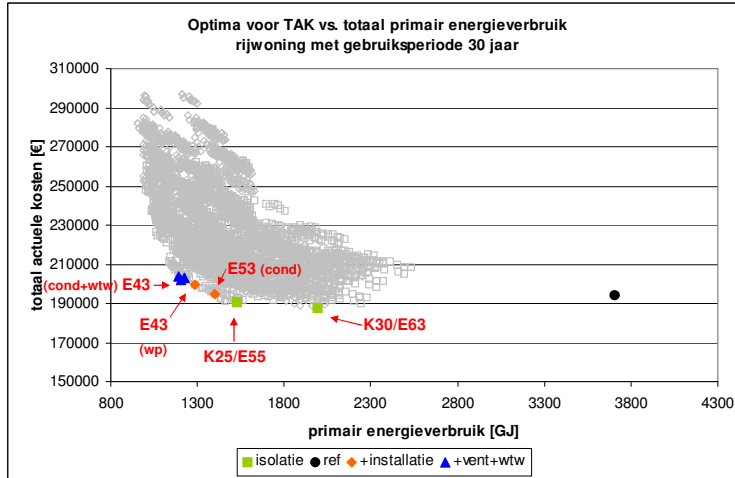
Wisselwerking tussen energie en economie



KHK Studiedag 19 april 2007

Wisselwerking tussen energie en economie

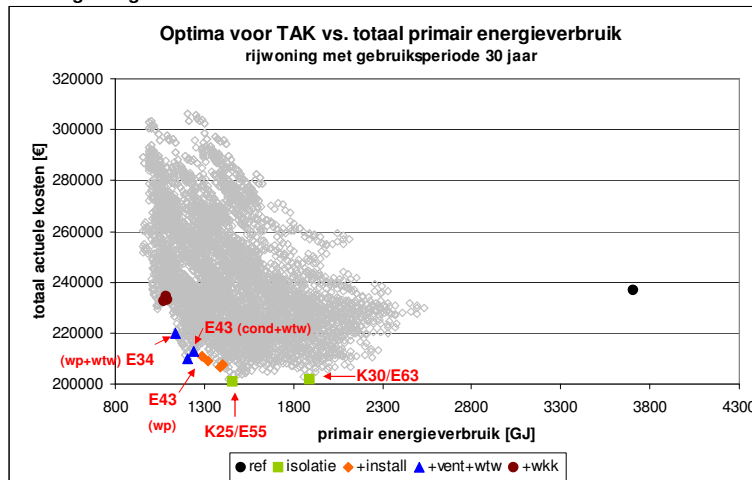
Laag energiescenario



KHK Studiedag 19 april 2007

Wisselwerking tussen energie en economie

Hoog energiescenario



KHK Studiedag 19 april 2007

Hiërarchie van maatregelen

1. Economisch optimum = hoogste netto contante waarde bij alle energiestenario's en alle discountvoeten:

- economisch optimaal isolatiepeil = K25 – 27 bij C = 1.5-2 m (K20 bij C < 1 m)
 - HR- of condensatieketel + HT-radiatoren in combinatie met variabele watertemperatuur
 - natuurlijk ventilatiesysteem met aandacht voor luchtdichtheid
- **E57 ± 6 voor meeste woningen**
 = daling vh jaarlijks primair energiegebruik met 66 ± 6% t.o.v. referentie
 43 ± 6% t.o.v. E100

2. Net nog economisch rendabele oplossingen (netto contante waarde ≈ 0, afh van energiestenario):

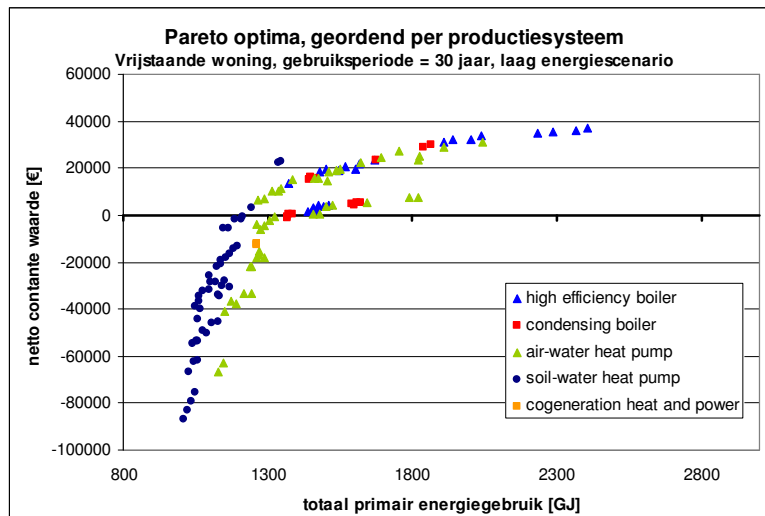
- laag scenario: + **mech.ventilatie met wtw of lucht/water WP ipv ketel**
- hoog scenario: **K20 + lucht/water WP + vloerverwarming + mech.ventilatie met wtw**

3. Verdere energiebesparende stappen, maar niet meer economisch rendabel:

- zeer laag isolatiepeil (< K20)
- grond/water WP
- WKK
- alternatieve energie (zonnecollectoren, PV-systemen)

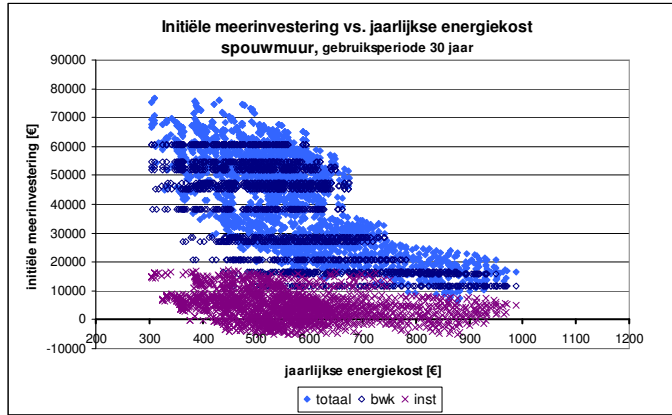
KHK Studiedag 19 april 2007

Enkele conclusies: productiesysteem



KHK Studiedag 19 april 2007

Investering versus energiebesparing

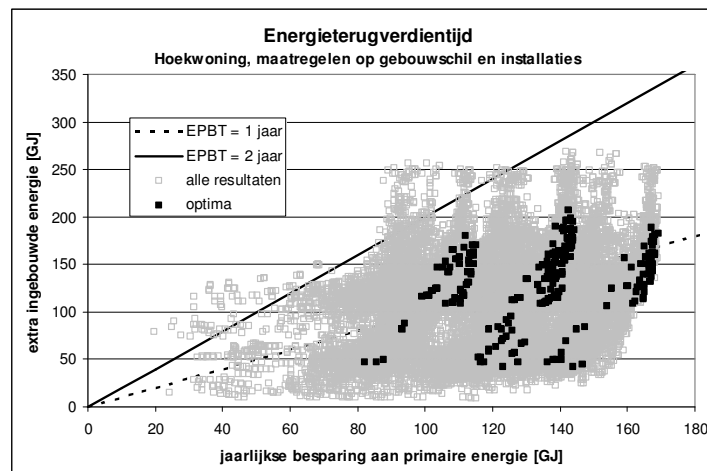


Referentie rijwoning:

- nt geïsoleerde spouwmuur + gewoon dubbel glas ($U=2.8W/m^2K$)
- jaarlijks verbruik:
 - 100 634 MJ/jr fossiel
 - 380 kWh/jr elek
 - = 119 695 MJ/jr primaire energie
- K107 / E146
- energiekost \approx 1600 €/jaar

KHK Studiedag 19 april 2007

Ingebouwde niet-hernieuwbare energie



KHK Studiedag 19 april 2007

Woningen

- Strategie is afhankelijk van drijfveer (investering, economisch, ecologisch) en beschikbaar budget.
- Juiste volgorde respecteren en juiste prioriteiten stellen!

Nieuwbouw

- Dakisolatie
- Gevel en vloerisolatie
- Betere beglazing
- Betere verwarmingsinstallatie
- Ventilatiesysteem met wtw
- Alternatieve energie

Renovatie

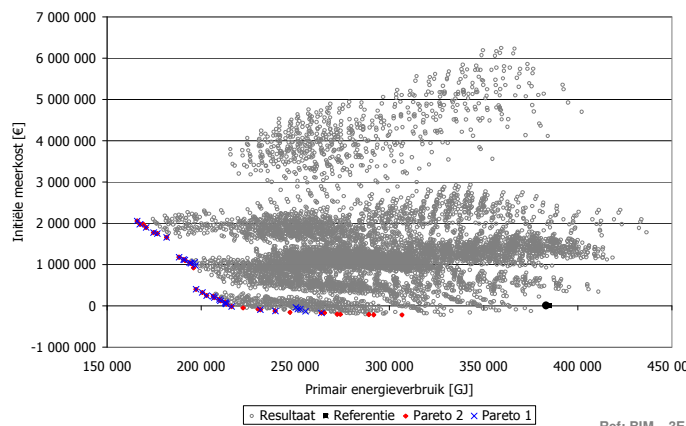
- Dakisolatie (en vloerisolatie bij makkelijk bereikbare vloeren)
- Betere beglazing
- Betere verwarmingsinstallatie
- Ventilatiesysteem met wtw
- Alternatieve energie

- HT-radiatoren ↔ LT-radiatoren: systeem op HT i.c.m. buitenvoeler (d.w.z. variabele watertemp.) zal in praktijk grootste deel van het stookseizoen werken als LT-systeem, zonder de meerinvestering van een LT-systeem
- Mech.vent + wtw ↔ nat.ventilatie: energiewinst door wtw enkel mogelijk mits voldoende luchtdichtheid en respecteren van balanssysteem → aanpassen van ventilatiegedrag noodzakelijk!

KHK Studiedag 19 april 2007

Resultaten kantoren

Initiële meerinvestering



Referentie nieuwbouwkantoor:

- ca. 15000m² vloeroppervlakte, 8 verdiepingen, open bebouwing
- landschapskantoor
- verlichting: ca. 15 W/m²
- verwarming via HR-gasketel
- koeling via ventilo-convectoren
- jaarlijks verbruik
≈ 9600 GJ/jr primaire energie
- K40 / E123

KHK Studiedag 19 april 2007

