



Praktijkervaring met thermisch actieve bouwdelen

Wat gaat goed en wat gaat fout ?

Rijksgebouwendienst
Directie Advies en Architecten
Herman Eijdens

Donderdag, 9 november 2006



Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

Inleiding - trends - essenties - ervaringen - conclusies

Onderwerpen:

- ▶ Inleiding
- ▶ Trends
- ▶ Essenties TAB
- ▶ Ervaringen uit projecten
- ▶ Conclusies

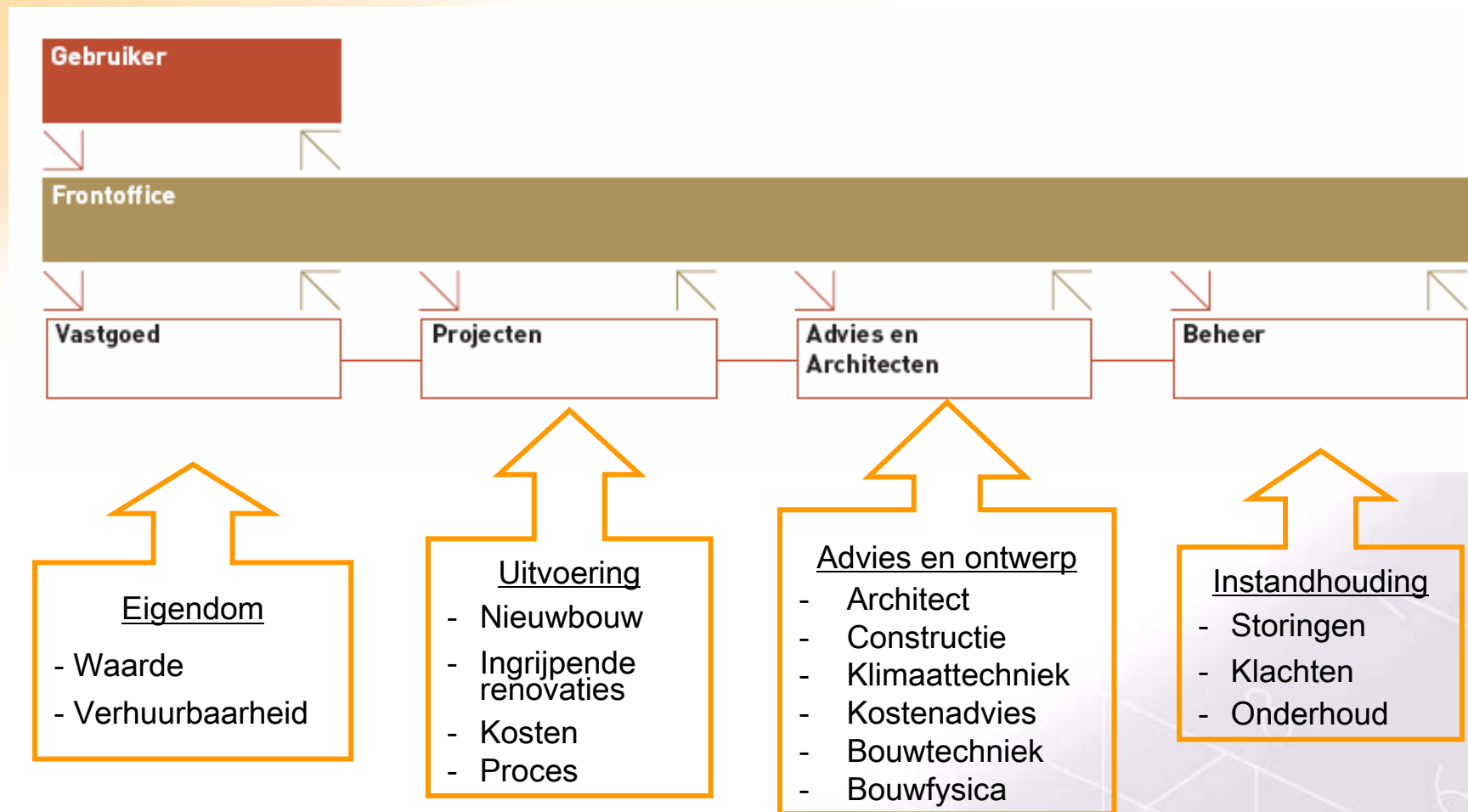
Kerncijfers Rgd (31-12-2005)

- ▶ 6.690.000 m² bvo, waarvan 45 % kantoren
- ▶ € 5.100 milj. leenfaciliteit
- ▶ € 384 milj. onderhanden projecten
- ▶ € 76 milj. adviezen, services, ed.

Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

Inleiding - trends - essenties - ervaringen - conclusies

Relatie Rgd met TAB



Trends: Energiebesparing

- ▶ **Klimaatneutrale overheid**
NMP4, alle overheidsdiensten 2012
- ▶ **Verhoging snelheid Energiebesparing**
Motie Spies > 1%, liever 1,5 à 2 %
- ▶ **Duurzaam inkopen door overheid**
Uiterlijk 2010 100 % duurzaam inkopen, tenzij..
- ▶ **EPBD**
Per 1/1/2009 alle overheidsgebouwen zichtbaar certificaat
- ▶ **Leveringszekerheid/veiligheid**
Onderdeel vitale infrastructuur BZK
- ▶ **Prijsontwikkeling energieprijzen**
Hogere kosten fossiel en elektra, maar ook CO₂-certificaten

Trends: Comfort en gezondheid

- ▶ Meer belang aan comfortabel en gezond binnenmilieu -> strenger PvE, Greencalc+ pilot, EPC/EPBD-eis, luchtkwaliteitseis
- ▶ Productiviteit in kantooromgeving -> eisen nemen toe, daardoor meer druk op optimale condities
- ▶ Kosten ziekteverzuim -> bijv. ook langer doorwerken en participatie zwakkeren (WAO)
- ▶ Hoger verwachtingspatroon -> o.a. airco's in auto's en na roken meer aandacht voor de rest

Trends: Minder warmte en meer koeling

- ▶ Goede isolatie en luchtdichtheid -> betere controle kwaliteit en weer hernieuwde aandacht
- ▶ Minder apparatuur en zuinige verlichting -> vooral nu slag met computerapparatuur
- ▶ Veel glas/liever geen zonwering en kantoortuinen -> transparant en strak is in, flexibele indeelbaarheid leidt tot minder individuele beïnvloeding
- ▶ Korter stookseizoen en minder invloed nachtverlaging -> warmte en koude blijven hangen

Verwachte voordelen TAB

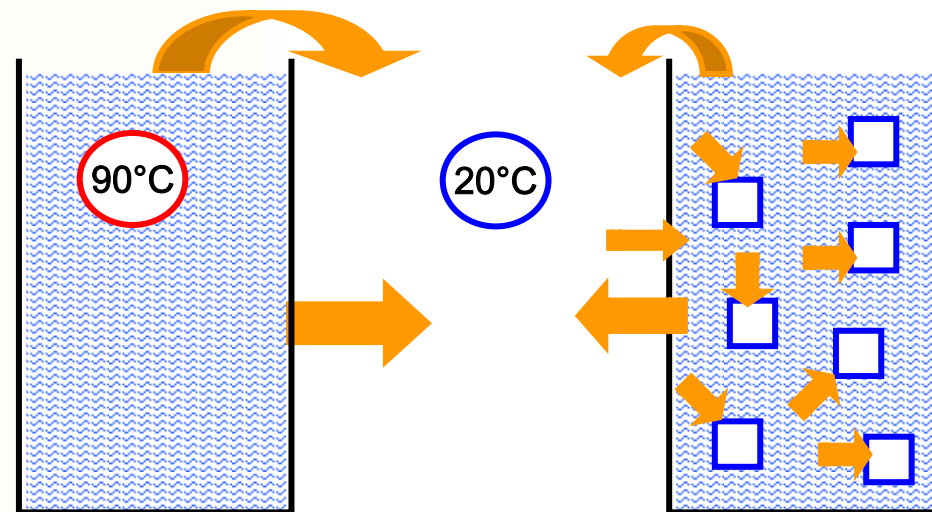
- ▶ gezonder en comfortabeler binnenklimaat
- ▶ hogere tevredenheid van gebruikers
- ▶ minder ziekteverzuim en arbo-klachten
- ▶ hogere arbeidsproductiviteit
- ▶ energiebesparingen tot 30 - 50 %
- ▶ grotere vrijheid bij indeelbaarheid
- ▶ lagere kosten voor het afgiftesysteem door een eenvoudige en geïntegreerde systeemopbouw

Genoemde nadelen van TAB

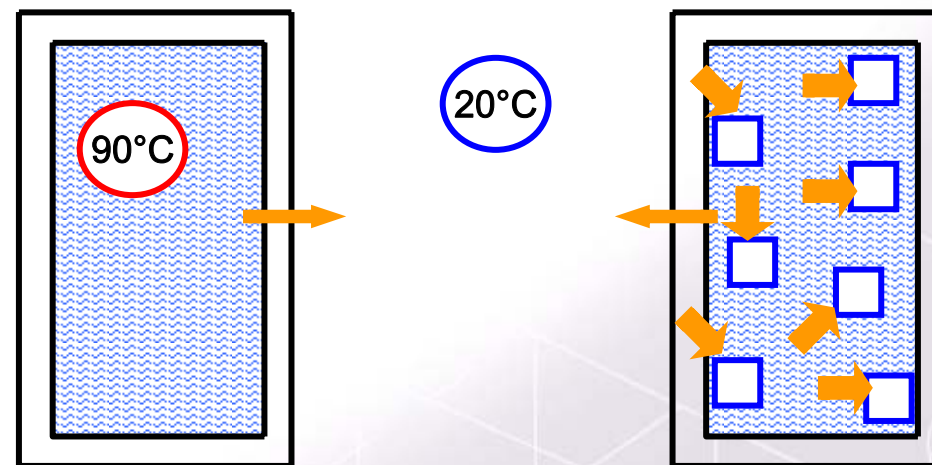
- ▶ traag regelbaar/niet individueel te regelen
- ▶ slechtere ruimteakoestiek
- ▶ gevaar voor lekkage
- ▶ onbereikbaarheid en onsplitsbaarheid van leidingen
- ▶ relatief onbekende techniek bij veel installateurs
- ▶ moeilijk in te regelen
- ▶ verstoring bouwproces, vermenging afbouw- en ruwbouwcomponenten
- ▶ financiële onzekerheden
- ▶ extra advieskosten

Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

– essenties – ervaringen – conclusies



Oude gebouwen koelen sneller af en hebben grotere interne verschillen

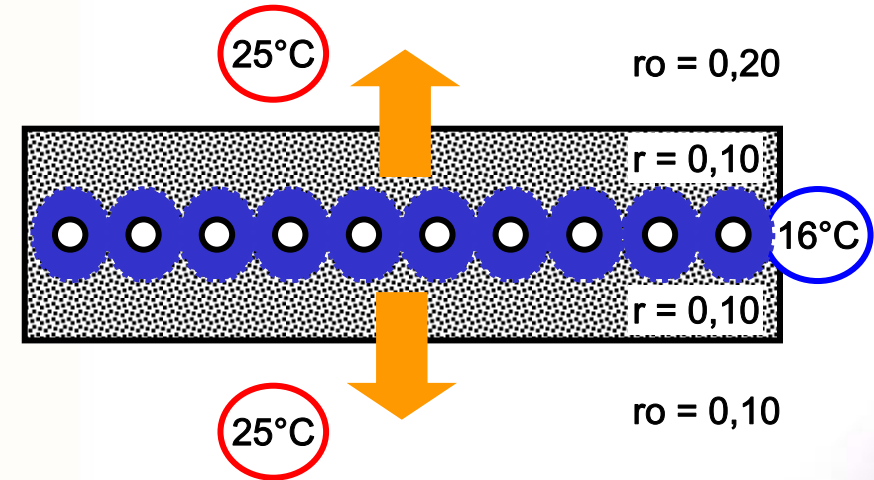
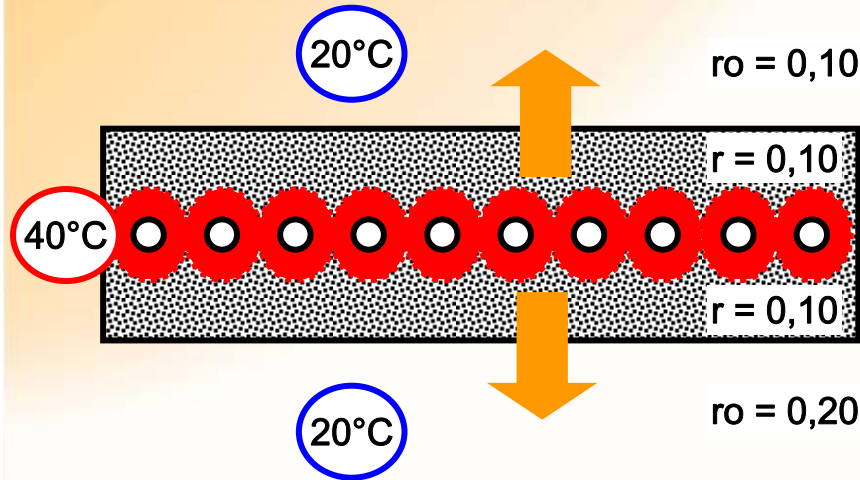


Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

essenties

– ervaringen

– conclusies



Verwarmen: $Q = (A * \Delta T) / \Sigma (r)$

$$Q_{\text{omlaag}} = 1 * 20 / 0,30 = 65 \text{ W/m}^2$$

$$Q_{\text{omhoog}} = 1 * 20 / 0,20 = 100 \text{ W/m}^2 \quad \text{Tot. } 165 \text{ W/m}^2$$

Met verlaagd plafond:

$$Q_{\text{omlaag}} = 1 * 20 / 0,50 = 40 \text{ W/m}^2 \quad \text{Tot. } 140 \text{ W/m}^2$$

Met vloerbedekking:

$$Q_{\text{omhoog}} = 1 * 20 / 0,35 = 55 \text{ W/m}^2 \quad \text{Tot. } 120 \text{ W/m}^2$$

Koelen: $Q = (A * \Delta T) / \Sigma (r)$

$$Q_{\text{omlaag}} = 1 * 9 / 0,20 = 45 \text{ W/m}^2$$

$$Q_{\text{omhoog}} = 1 * 9 / 0,30 = 30 \text{ W/m}^2 \quad \text{Tot. } 75 \text{ W/m}^2$$

Met verlaagd plafond:

$$Q_{\text{omlaag}} = 1 * 9 / 0,40 = 23 \text{ W/m}^2 \quad \text{Tot. } 53 \text{ W/m}^2$$

Met vloerbedekking:

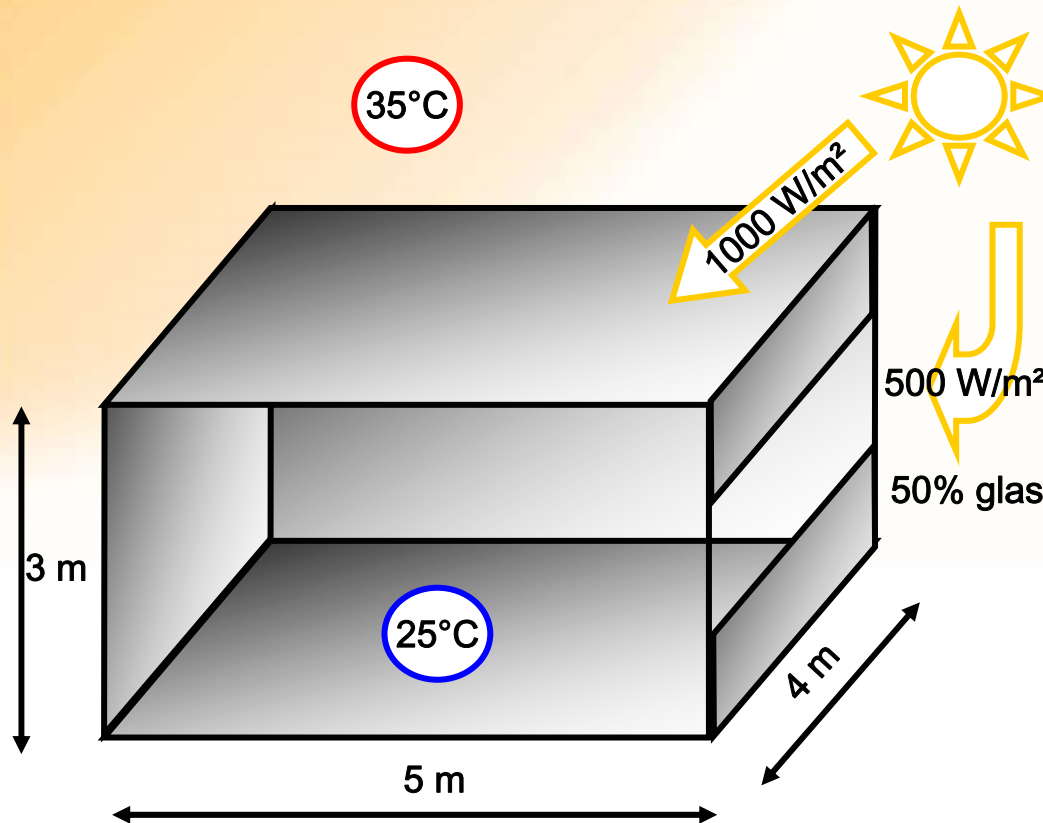
$$Q_{\text{omhoog}} = 1 * 9 / 0,45 = 20 \text{ W/m}^2 \quad \text{Tot. } 65 \text{ W/m}^2$$

Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

essenties

– ervaringen

– conclusies



Koeling

80 à 110 W/m²

KOELING

Interne warmte:

Personen 10 W/m²

Verlichting 10 W/m²

Apparatuur 15 W/m² Tot. 35 W/m²

Zonbelasting:

Raam (ZTA = 0,3) = 6 m² * 500 W/m² * 0,3 =
900 W per 20 m² = 45 W/m²

evt. Dak (ZTA=0,03) = 1000 W/m² * 0,03 = 30
W/m²

Totale warmtebelasting = 80 W/m² of 1600W
(onder dak = 110 W/m² = 2200 W)

Momentsaan wegkoelen met lucht van 16 °C:

$Q = 1/3 * D * \Delta T \Rightarrow D = 3 * Q / \Delta T = 3 * 1600 / 9 =$
530 m³/h, N = 8,9 h⁻¹ (dak N=12,2 h⁻¹)

Met TAB in 24 uurs-bedrijf:

$Q = 8/24 * 80 \text{ W/m}^2 = 27 \text{ W/m}^2$ (geen dak)

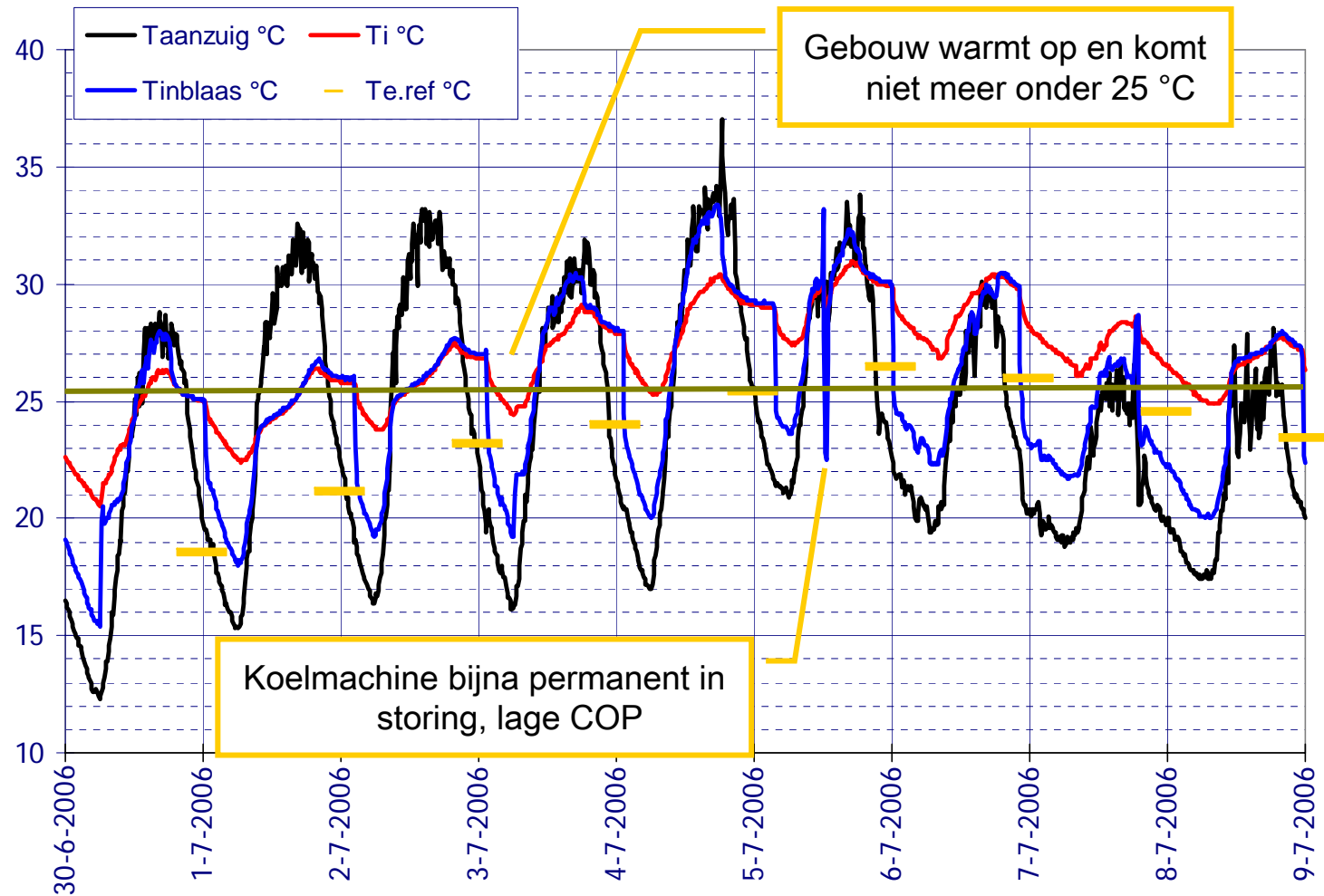
Capaciteit = 75 W/m²

Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

essenties – ervaringen – conclusies

Temperatuur in °C

Grote griffie



Met TAB:

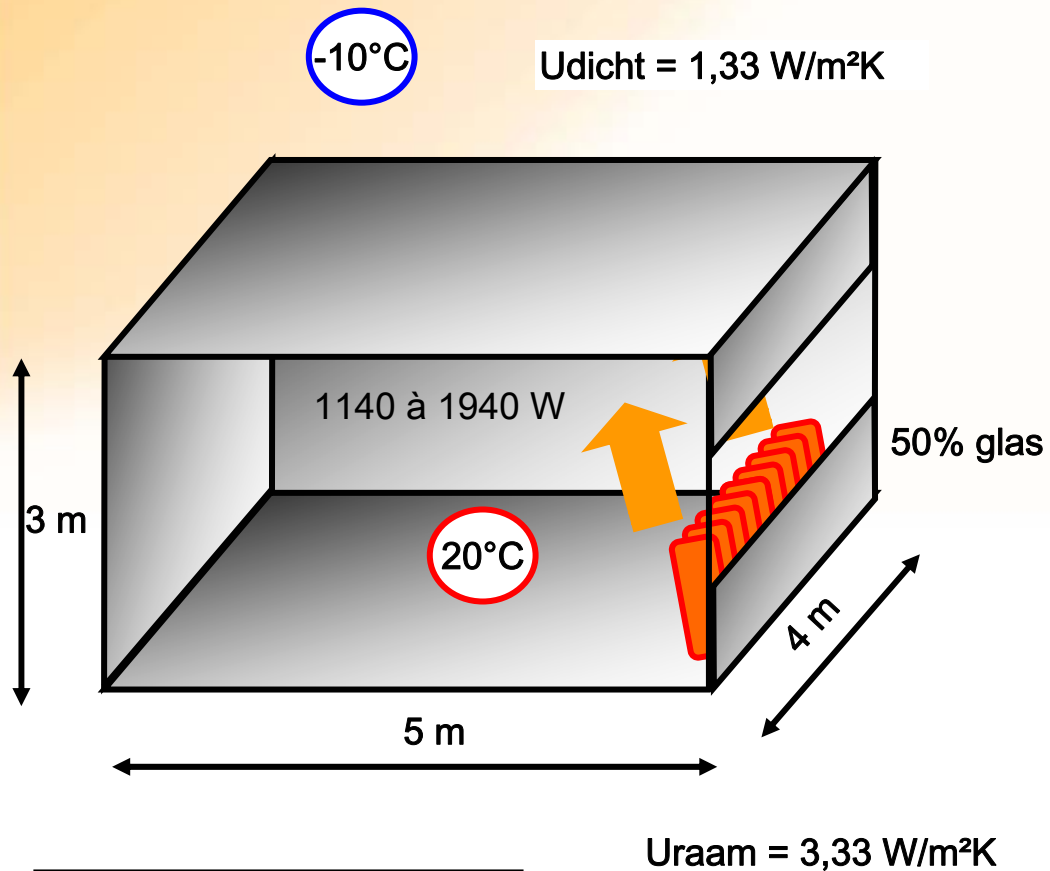
- 24 uur koelen met kleiner vermogen
- Geen tocht overdag
- Starttemperatuur 20 °C
- 's nachts lagere buitentemperatuur
- 's nachts goedkopere stroom

Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

essenties

ervaringen

conclusies



Verwarming toen

60 à 100 W/m^2

VERWARMEN oud gebouw

Transmissie: Udicht=1,33, Uraam=3,33

Gevel dicht $Q = U \cdot A \cdot \Delta T = 1,33 \cdot 6 \cdot 30 = 240 \text{ W}$

Gevel raam $Q = U \cdot A \cdot \Delta T = 3,33 \cdot 6 \cdot 30 = 600 \text{ W}$

Evt. dak $Q = U \cdot A \cdot \Delta T = 1,33 \cdot 20 \cdot 30 = 800 \text{ W}$

Infiltratie $N=0,5$:

$Q = 1/3 \cdot V \cdot N \cdot \Delta T = 0,33 \cdot 60 \cdot 0,5 \cdot 30 = 300 \text{ W}$

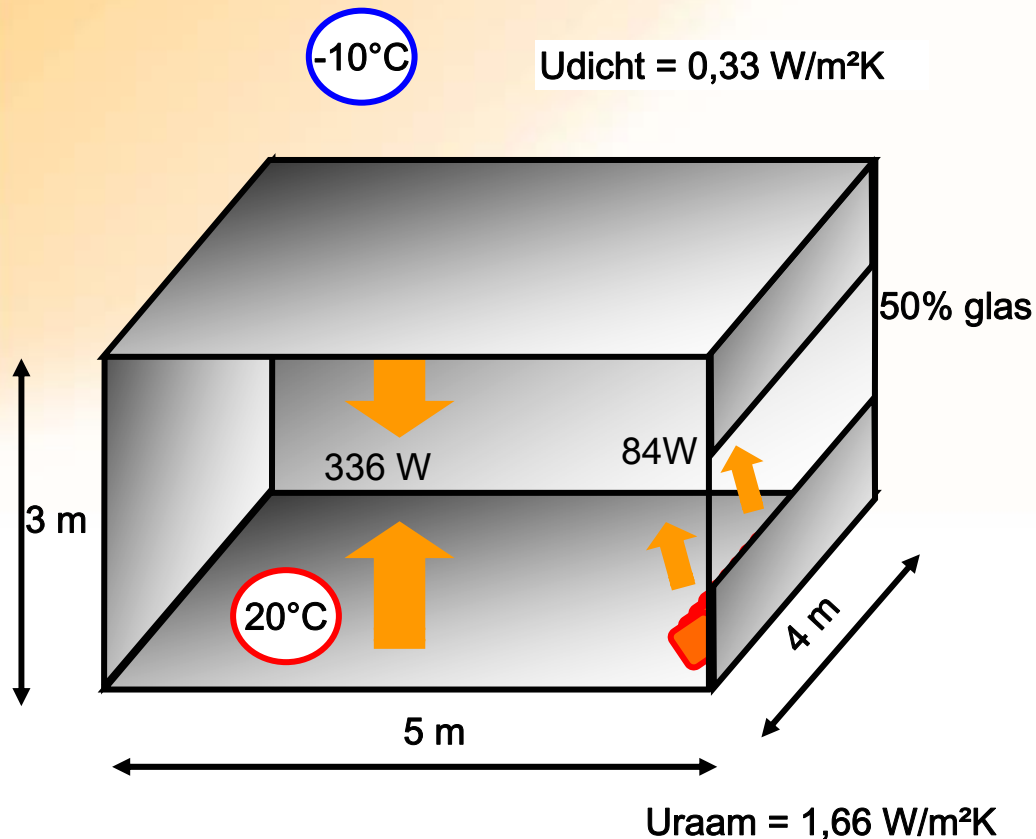
Totale warmteverlies = 57 W/m^2 of 1140 W
(onder dak = $97 \text{ W/m}^2 = 1940 \text{ W}$)

Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

enties

ervaringen

conclusies



Verwarming nu

20 à 30 W/m²

VERWARMEN nieuw gebouw

Transmissie: Udicht=0,33, Uraam=1,66

Gevel dicht $Q = U \cdot A \cdot \Delta T = 0,33 \cdot 6 \cdot 30 = 60 \text{ W}$

Gevel raam $Q = U \cdot A \cdot \Delta T = 1,66 \cdot 6 \cdot 30 = 300 \text{ W}$

Evt. dak $Q = U \cdot A \cdot \Delta T = 0,33 \cdot 20 \cdot 30 = 200 \text{ W}$

Infiltratie $N=0,1$:

$Q = 1/3 \cdot V \cdot N \cdot \Delta T = 0,33 \cdot 60 \cdot 0,1 \cdot 30 = 60 \text{ W}$

Totale warmteverlies = 21 W/m² of 420W
(onder dak = 31 W/m² = 620 W)

Nodig (80% uit TAB, geen verliezen door dak)

=> $0,80 \cdot 420 = 336 \text{ W}$ (bij $T_e = -10 \text{ °C}$)

Capaciteit 165 W bij $\Delta T = 20 \text{ °C}$

=> dus 2 m² of $\Delta T = 2 \text{ °C}$!!

Aanvullend: 20 % individueel regelbaar = 84 W

Gezien de voordelen is het zinvol te inventariseren:

- ▶ wat is the state of the art buiten de Rgd ?
- ▶ welke kennis is binnen de Rgd aanwezig ?
- ▶ wie hier is bij de Rgd betrokken (geweest) ?
- ▶ wie heeft behoefte aan welke informatie ?
- ▶ hoe deze te verspreiden ?

Verder is aanvullend inzicht gewenst in de voordelen:

- ▶ onder welke randvoorwaarden gelden de voordelen?
- ▶ kwantificering van effecten?
- ▶ waar zijn concrete voorbeelden?
- ▶ systematische rapportage en factsheets.

En de nadelen:

- ▶ hoe serieus zijn de nadelen?
- ▶ welke oplossingen/randvoorwaarden zijn er?
- ▶ wat kan er mis gaan en waar/wanneer gebeurt dat?

Onderzoek door moBius consult en BBA

(peter erdtsieck, edward prendergast)

- ▶ Evaluatie ontwerpfase / uitvoeringsfase
- ▶ Evaluatie gebruiksfase / uitvoeren gebruiksenquêtes (respons ca 400)
- ▶ Interviews met circa 30 betrokkenen
- ▶ Uitgebreid onderzoek en analyse van 5 gebouwen

Ontwerpfase

▶ Met TAB is warmte- en koudevraag goed te leveren

Aandacht nodig voor afwijkende situaties (hoekvertrek, veel glas, souterrain)

Verschillen beperken in ontwerp en zonodig opvangen in aanvullende voorzieningen

▶ Afweging nodig voor de plaats van registers

Bij prefab systemen meestal onderin, in ontwerpproces meenemen

▶ Goede afweging verwarmingselementen

Additionele en bedienbare verwarmingselementen nodig, niet persé bij raam

▶ Plaats leidingen en kanalen

Door ontbreken verlaagd plafond, keuze koof, gevel, gang, eilanden

▶ Ruimteakoestiek

Alternatieve vormen voor geluidsabsorptie, heroverweging eisen

▶ Vloerafwerking

Projecttapijt en kunststof afwerking mogelijk bij voorkeur met keurmerk

Uitvoeringsfase

▶ Extra aandacht voor planning

Installateur eerder betrokken, verantwoordelijkheden en overdrachten regelen

▶ Seizoensinvloed

Installatie-elementen in ruwbouw, zonodig vorstvrij houden

▶ Voorkomen lekkages

Testen volgens protocol bij (tussen)oplevering, boorprotocol

▶ Reparatie lekkages

Lekkage komt weinig voor en is goed te repareren (met garantie)

Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

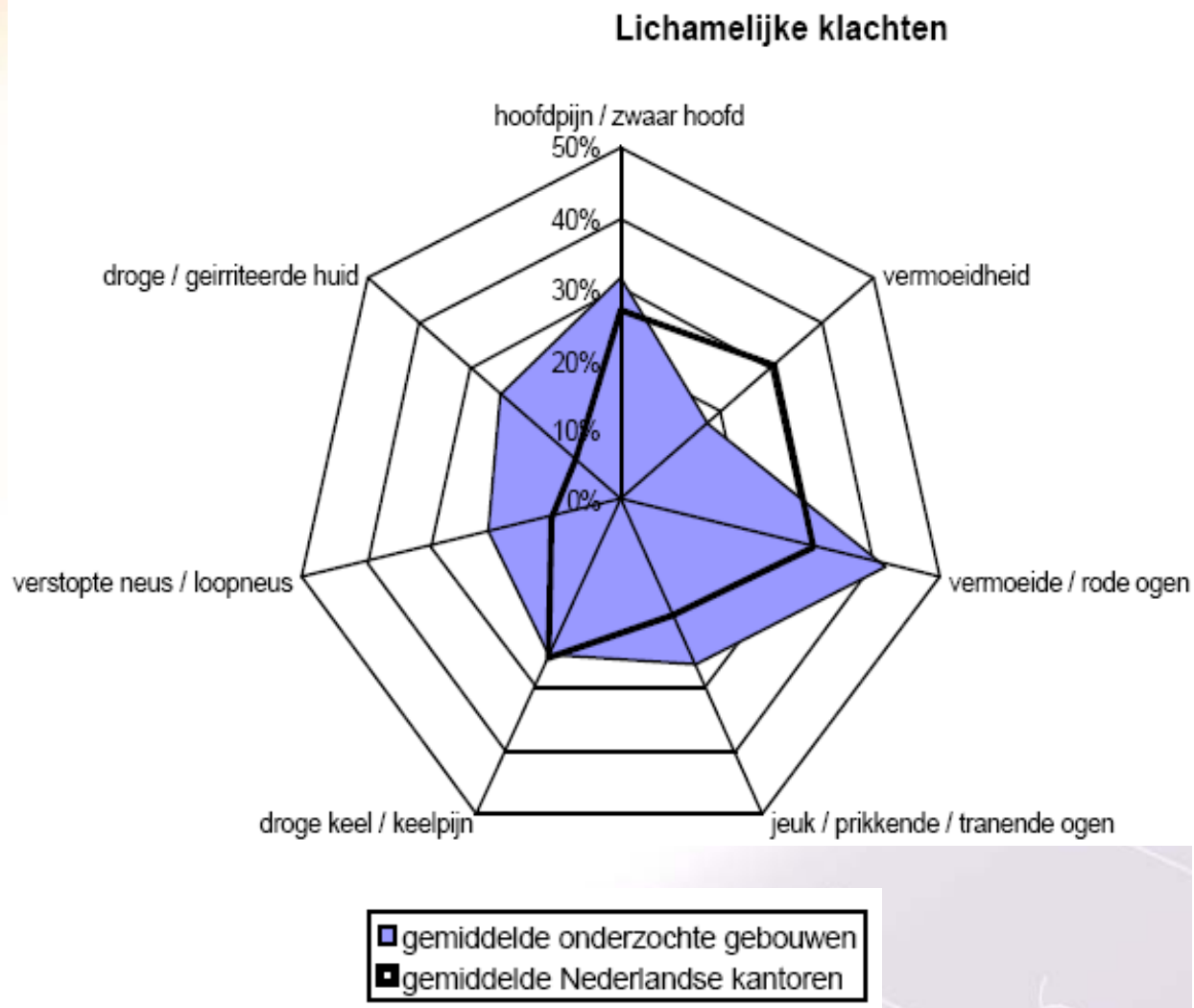
ngen – conclusies

GEBOUW 1 (2002)

Veel kantoortuinen (6 - 12 pers)
Hybride ventilatie, Kleine radiatoren
Te openen ramen
Geluidabsorberende plafonds
Glaspercentage 100% (bg, laag 4),
45 % (laag 1, 2)
Zonwering vaste lamellen en
automatische screens
Score: Onder gemiddeld

GEBOUW 2 (2002)

Grote kantoorruimten (3 - 8 pers)
Mechanische afvoer, gevelroosters
Kleine convectoren, te openen ramen
Geen geluidabsorptie
Glaspercentage 35%
Zonwering handbediende screens
Score: Gemiddeld+



Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

en – conclusies

GEBOUW 3 (2004)

Kantoortuinen/cellenkantoor

Centrale afzuiging/gevelroosters

Klimaatplafonds (verwarming)

Te openen ramen

Geluidabsorptie in klimaatplafond

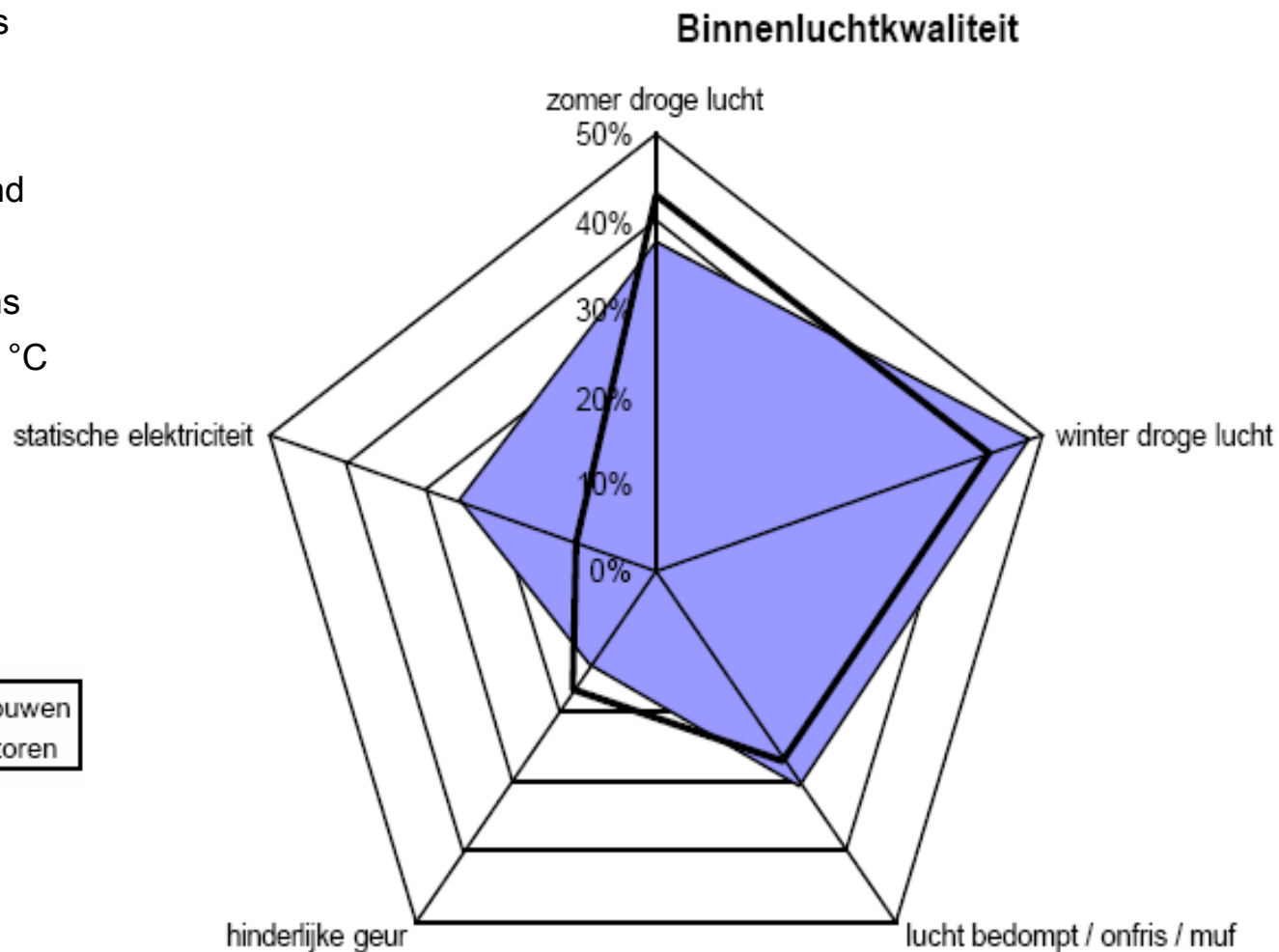
Glaspercentage ?? %

Zonwering automatische screens

Twater = 27 (winter)/20 (zomer) °C

Score: Gemiddeld+

■ gemiddelde onderzochte gebouwen
■ gemiddelde Nederlandse kantoren



Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

– conclusies

GEBOUW 4 (2003)

Kantoortuinen/cellenkantoor

Gebalanceerde ventilatie

Aanvullende radiatoren

Te openen ramen

Geluidabsorptie in wanden/kasten

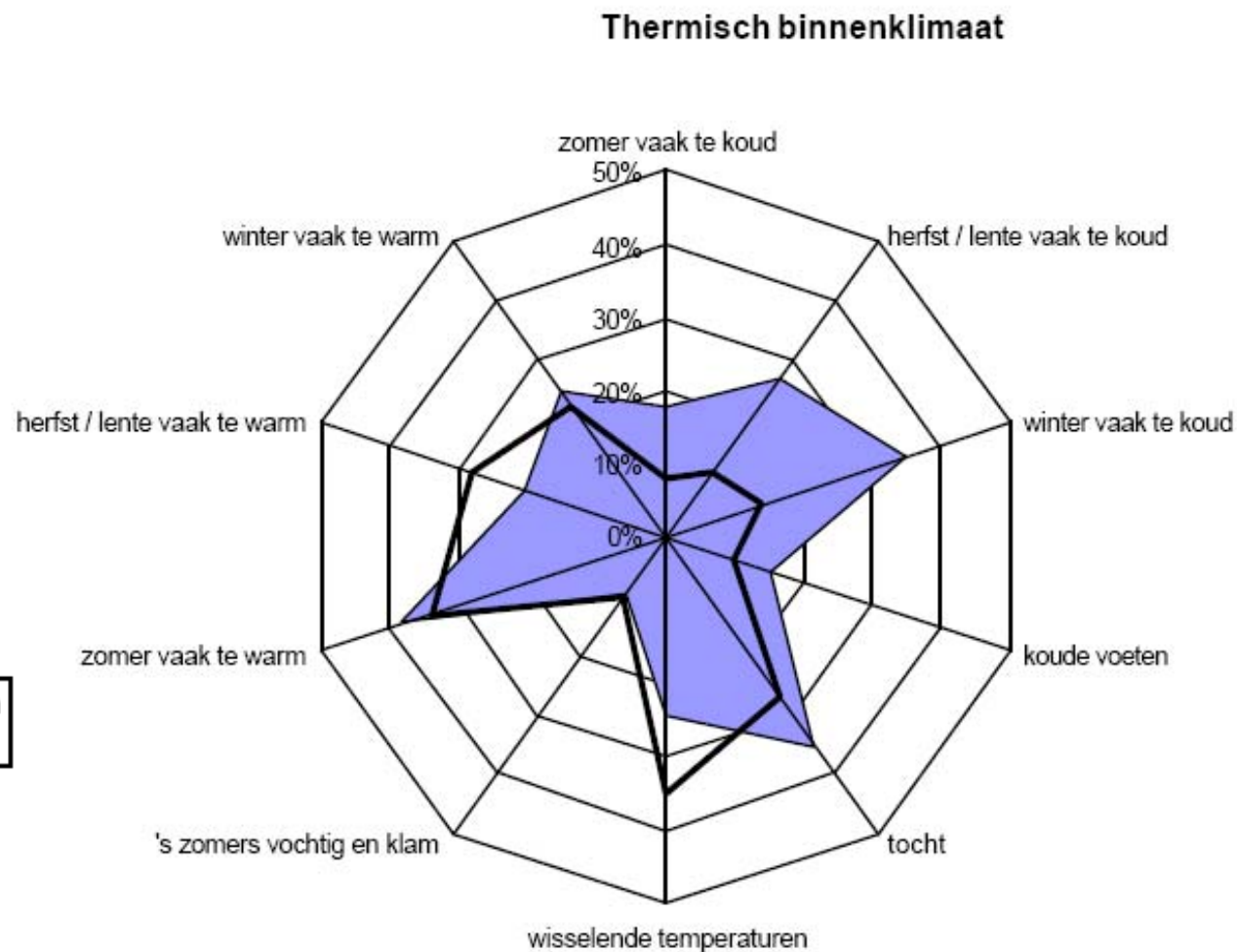
Glaspercentage 45 % (2^{de} huid)

Horizontale lamellen

Twater = 30 (winter)/16 (zomer) °C

Score: Gemiddeld-

■ gemiddelde onderzochte gebouwen
■ gemiddelde Nederlandse kantoren



Rgd - praktijkervaring met Thermisch Actieve Bouwdelen

– conclusies

GEBOUW 5 (2004)

Kantoortuinen/cellenkantoor

Gebalanceerde ventilatie

Geen aanvullende verwarming

Te openen ramen

50 % plafondeilanden met absorptie

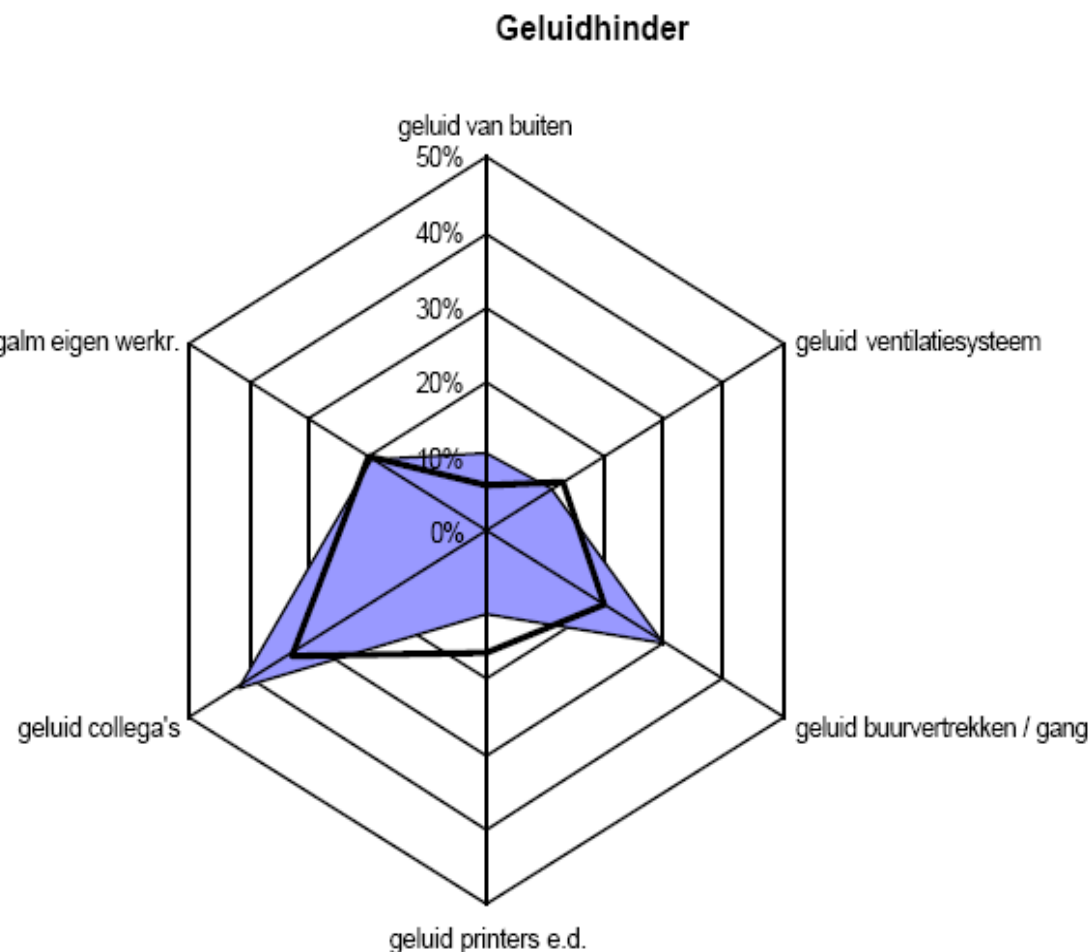
Glaspercentage 45 % (weinig zuid)

Horizontale lamellen op zuid

Twater = 25 (winter)/19 (zomer) °C akoestiek (na) galm eigen werkr.

Score: Gemiddeld-

■ gemiddelde onderzochte gebouwen
■ gemiddelde Nederlandse kantoren

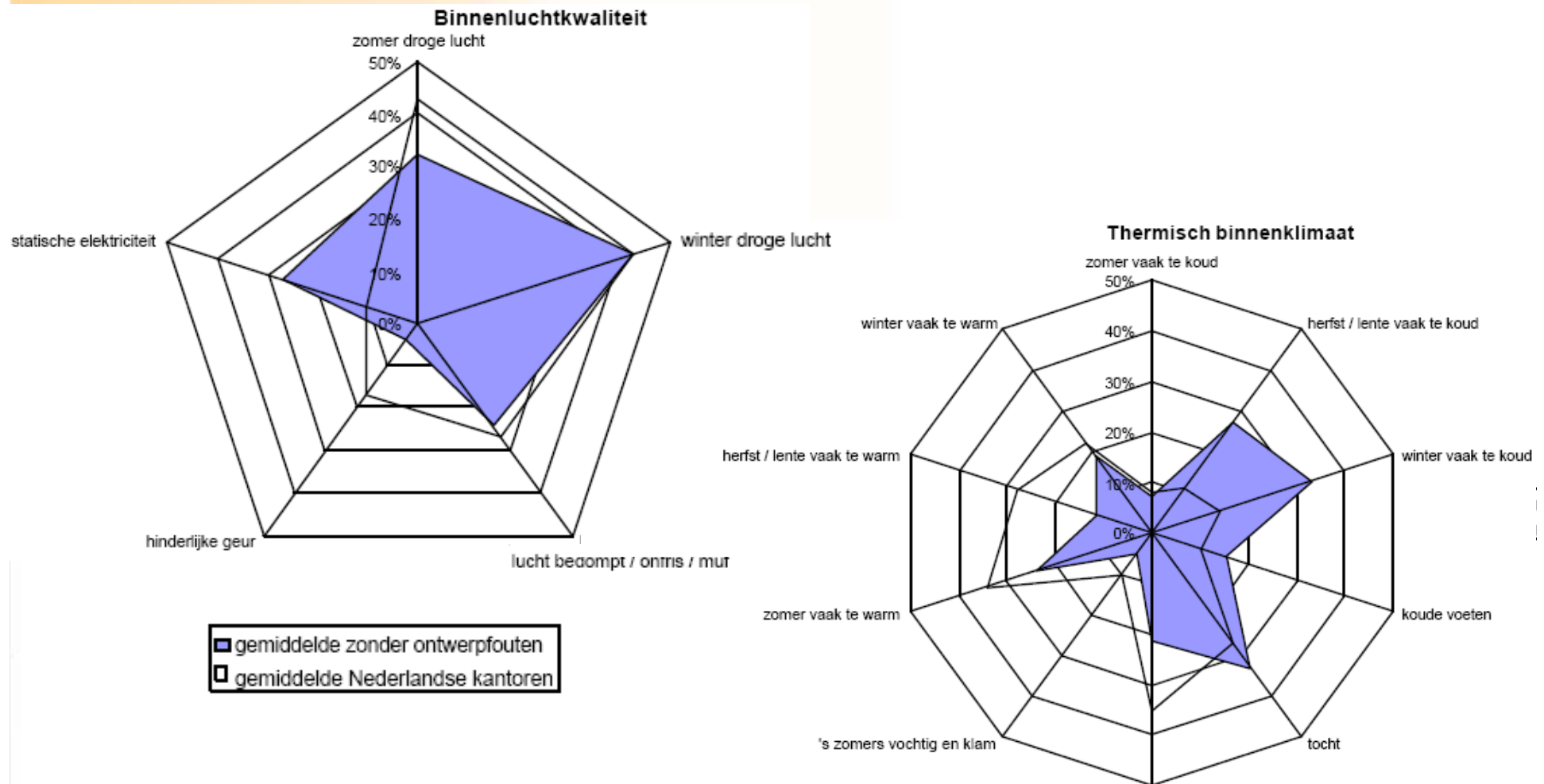


Analyse

- ▶ Gebouw 1: dit concept lijkt niet geschikt voor TAB
- ▶ Gebouw 2: 's zomers te warm; veroorzaakt door opwarming specifiek gebouwdeel (na enquête setpoints aangepast).
- ▶ Gebouw 3: 's zomers te koud; mede door souterrain, luchtkwaliteit: door inefficiënte afvoer van ventilatielucht niet betrouwbaar.
- ▶ Gebouw 4: hinderlijke geur; veroorzaakt door locatie luchtinlaat, 's zomers te koud; waarschijnlijk veroorzaakt door te sterke koeling/verwarming direct na ingebruikname, 's winters en tussenseizoenen te warm, opwarming door onvoldoende zonwering
- ▶ Gebouw 5: 's winters en tussenseizoenen te warm, opwarming door onvoldoende zonwering

De correctie omvat niet de structurele fouten die in alle gebouwen zijn geconstateerd. Dit betreft met name de klachten over koude in het verwarmingsseizoen.

Correctie voor recentere gebouwen en ontwerpfouten



Conclusies (1)

- ▶ Op deelaspecten scoort betonkernactivering (BKA) erg goed
- ▶ In huidige gerealiseerde gebouwen gaat nog veel fout met deze systemen, de potentie van voordelen wordt niet benut
- ▶ Door BKA ontstaat niet een beduidend slechter gebouw
- ▶ Er zijn aanwijsbare en oplosbare redenen zijn voor lagere waarderingen.
- ▶ Zonder deze waarderingen scoren de gebouwen aanzienlijk beter dan het Nederlandse gemiddelde, behalve op het punt van koudeklachten.
- ▶ Koudeklachten in de winter en de tussenseizoenen zijn een consistent probleem.
- ▶ Er zijn hiervoor drie redenen:
 - Onvoldoende directe beïnvloedbaarheid door de gebruiker
 - Onvoldoende individuele variatiemogelijkheden
 - Onvoldoende vermogen om snel op een ingestelde temperatuur te komen.

Conclusies (2)

- ▶ Het is noodzakelijk aanvullende verwarmingselementen op te nemen:
 - door de gebruiker zelf instelbaar
 - met een korte reactietijd
 - voldoende vermogen
- ▶ BKA blijkt een zeer comfortabele wijze van koeling.
- ▶ Zonwering heeft geen significante invloed op de waardering in het koelseizoen
- ▶ Zonder zonwering ontstaan klachten over warmte in het verwarmingsseizoen.
- ▶ Zowel gebalanceerde ventilatie als natuurlijke toevoer van ventilatielucht kan worden toegepast
- ▶ Bij natuurlijke toevoer is de waardering voor de luchtkwaliteit beter, maar meer tochtklachten.
- ▶ De ruimteakoestiek leidt niet tot veel klachten ook niet in kantoren met weinig tot geen akoestische voorzieningen .

- ▶ Bedankt voor uw aandacht!