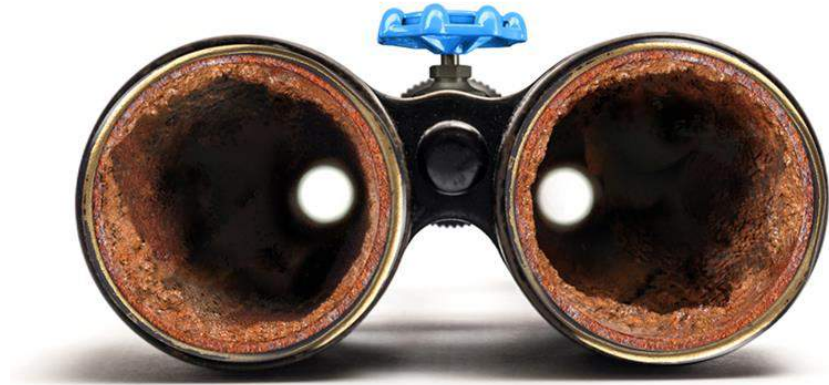


WATERKWALITEIT, SLIJKVORMING, CORROSIE: OORZAKEN, GEVOLGEN, OPLOSSINGEN

Webinar 01/04/2020 door Karl Willemen, RESUS





“Waterkwaliteit”

is de verkeerde term

Waar het om draait is
SYSTEEMCONDITIE

- Levensduur
- Duurzaamheid
- Storingspreventie
- Life Cycle Engineering
- Life Cycle Analysis
- Total Cost of Ownership





Korte inhoud

Duiding van het probleem

Definities

Oorzaken

Oplossingen

Conceptie

Realisatie

Beheer / onderhoud

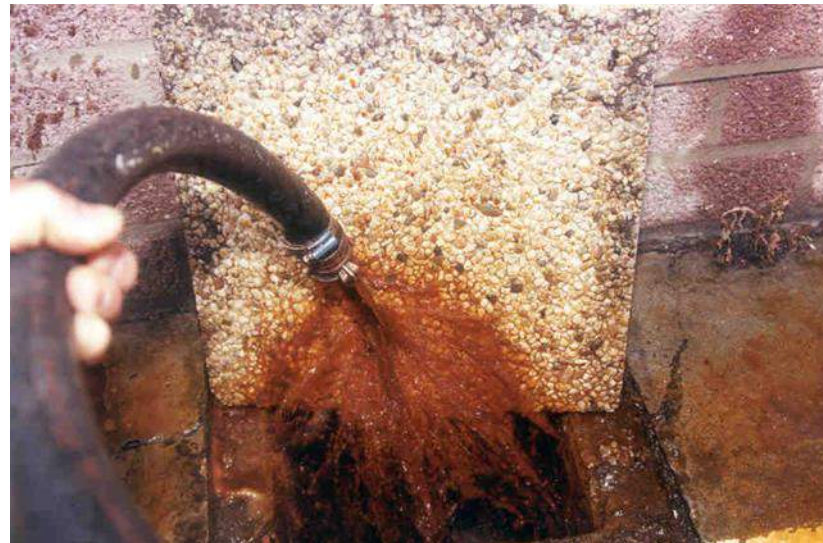
Moderne installaties zijn veel storingsgevoeliger geworden



Verhelpen - oplossen – voorkomen - ...

- Waar we zitten: CURATIEF optreden
 - Duur voor de eindklant
 - Onvoorspelbaar
 - Winstgevend voor de installatie/onderhoudssector
- Waar we naar toe moeten:
PREDICTIEF monitoren en ingrijpen

- Verstopte leidingen
- Slecht rendement
- Hoge slijtage
- Defecte componenten
- Ergernis
- Gebrek aan comfort
- Onnodige, vaak hoge onkosten



Symptomen worden amper of niet herkend



Drukverlies



Ontluchting



Lekkages



Blokkades



Volledige uitval

men bestrijdt zelden de ware oorzaak

Zuurstofintrede

Corrosie : Metaal + Zuurstof

- Hematiet = Fe_2O_3
(roodbruin)



- Magnetiet = Fe_3O_4
(zwart)



- Alumine = Al_2O_3
(donkergrijs)



Kunststof

? De oplossing ? : ~~Metaal~~ + Zuurstof

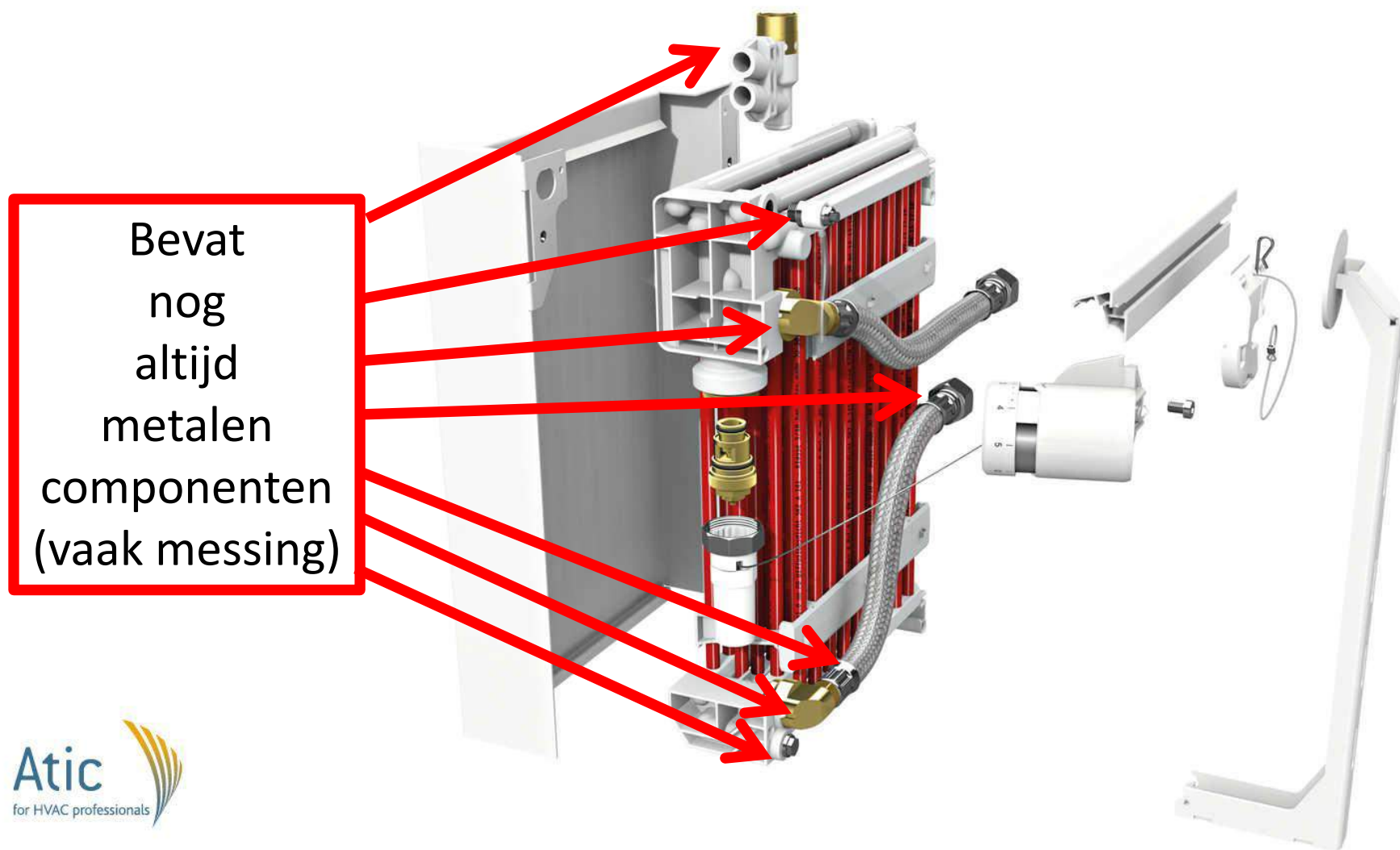
- Ketels en radiatoren in kunststof?
- Alle kraanwerk in kunststof?
- Zwembadtechniek in centrale verwarming?



Er is **ALTIJD** een zwakste schakel:
als er geen staal kan gecorrodeerd worden,
zorgt zuurstof wel voor andere problemen
(bv. ontzinking van messing)

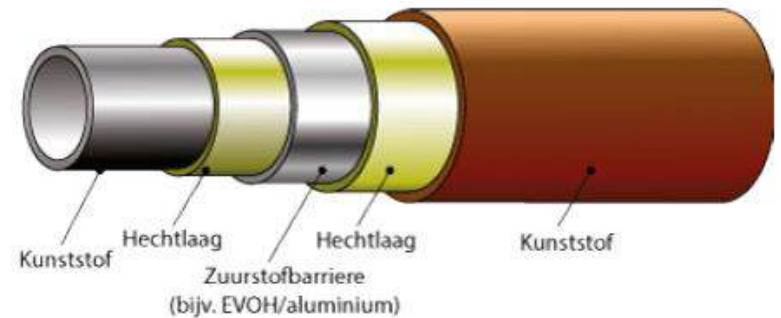


Voorbeeld: een kunststof “radiator” waarvan de fabrikant claimt dat hij niet kan corroderen



Veelvuldig gebruik van kunststof stelt het probleem scherper

- Het probleem van zuurstofdiffusie (permeatie doorheen de kunststof wand) is intussen opgelost:
 - Aluminium tussenlaag = 100% dicht
 - EVOH laag = 99,99% zuurstofdicht
- Kunststof met klemverbindingen is een risico voor zuurstofintrede (rubber O-ringen)
- Wetenschappelijk onderzoek is voorlopig beperkt en nog jong



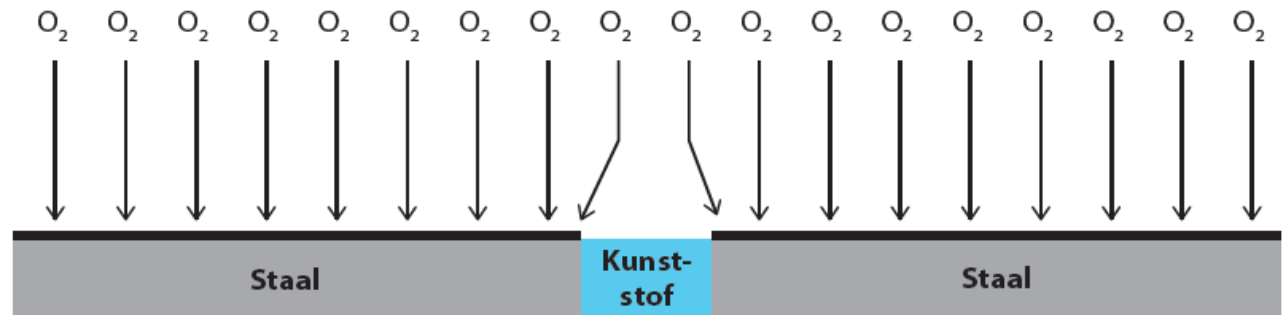
De corrosie PARADOX:

Hoe meer corrodeerbaar materiaal, hoe minder schade aangericht kan worden door de toch eventueel binnendringende beperkte hoeveelheid zuurstof - er vormt zich enkel corrosieslib;

Omgekeerd, hoe minder corrodeerbaar materiaal de installatie bevat, hoe meer de eventueel binnendringende zuurstof lokaal schade zal aanrichten aan de corrosietechnisch zwakste componenten

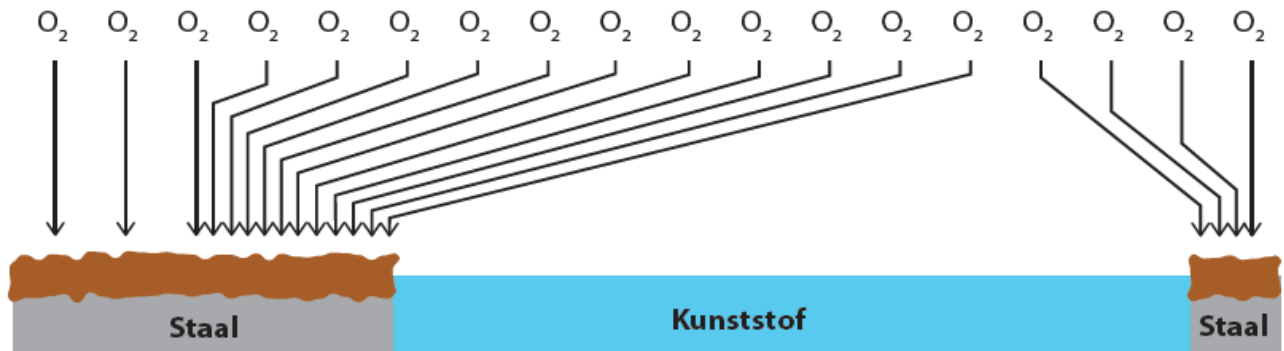
A

Weinig kunststof - Veel staal
LAGE CORROSIEDRUK



B

Veel kunststof - Weinig staal
HOGE CORROSIEDRUK



? andersom dan ? : Metaal + ~~Zuurstof~~

“dood water”

bevat geen zuurstof

(dus is er ook geen
corrosie meer)

Bij leeglaten van de installatie:

- Het allereerste vlokje water is zwart, nadien komt er helder water
- Helemaal op het einde van de leeglaat komt er weer een beetje zwart



Miljoenen installaties functioneren al decennia lang (nagenoeg) corrosievrij dankzij “dood water”



geen opgeloste zuurstof in het water →
decennialang probleemloze werking



Maar HOE komt zuurstof in het installatiewater?

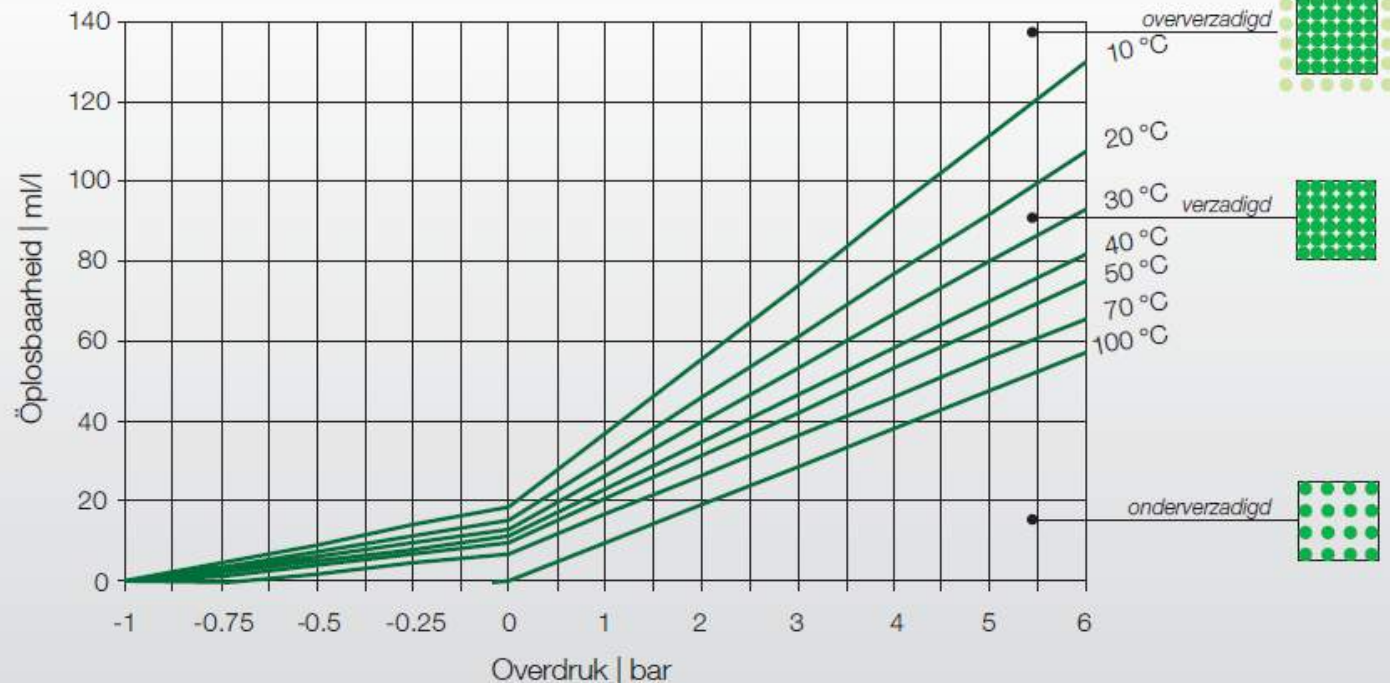
De drijvende kracht is de oplosbaarheid van gasen in water

Oplosbaarheid van
stikstof in water volgens
HENRY* ▶

Voor ieder gas is er een specifiek
HENRY-diagram.

Het diagram geldt voor
100% stikstof boven het water,
partiële druk $N_2 = 1 \text{ bar abs.}$

De oplosbaarheid voor atmosferische
verzadiging bedraagt 78% van de
diagramwaarde. Dit komt overeen met
het percentage stikstofgas in de lucht,
partiële druk $N_2 = 0.78 \text{ bar abs.}$



Dood water zoekt altijd naar verse zuurstof

Hallo,
ik heet Balthazar
ik leg U uit waarom...



Ik heb zuurstof nodig;
ik haal het uit het water waarin
ik leef...



het RESULTAAT is dat ik het
zuurstofgehalte van het water in
m'n aquarium doe dalen...



En veroorzaak ik
permanente intrede van
verse zuurstof



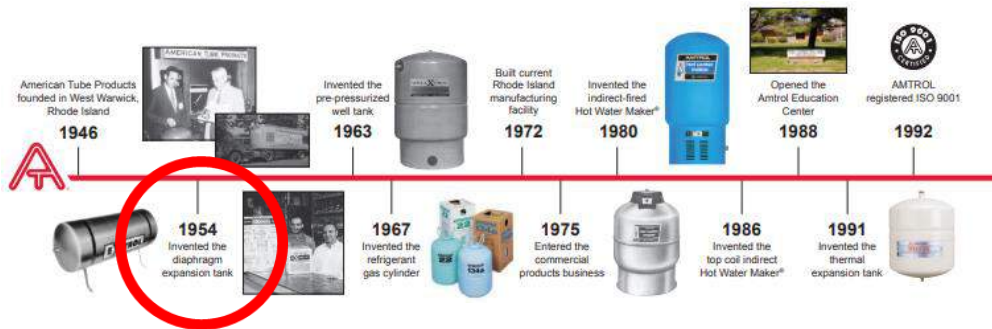
Corrosie van het metaal in verwarmingsinstallaties doet precies hetzelfde



Open
expansievat
langs de
binnenzijde



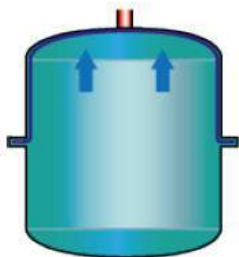
Daarom vond Chester H. Kirk het gesloten expansievat uit



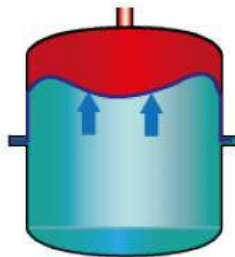
3,035,614
EXPANSION TANK
Chester H. Kirk, Jr., 14 Glen Ave., Cranston, R.I.
Filed Nov. 4, 1959, Ser. No. 850,872
6 Claims. (Cl. 138—30)



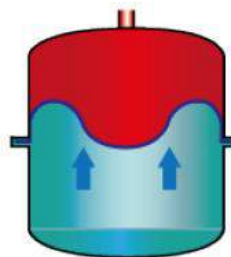
1. An **expansion tank** comprising a hollow body member having a side and end walls, a flexible diaphragm in and spanning said body member between said end walls and having a peripheral portion in peripheral engagement with said side, a continuous ring having a groove in its outer periphery engaging and receiving said peripheral portion and an inwardly extending peripheral rib in said side engaging said peripheral portion of said diaphragm and compressing it into said groove to secure said ring and diaphragm against movement and seal said diaphragm to said side.



Toestand bij levering
(voordruk)



Installatie gevuld
geen opwarming
(vuldruk)



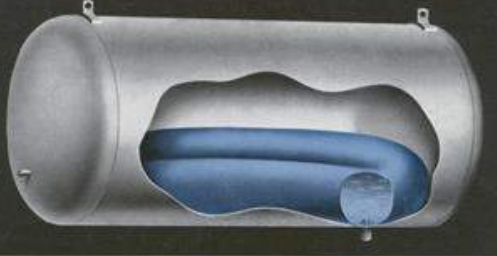
Maximum druk bij de
hoogste temperatuur
(einddruk)

Of was het Carl Stücklin?

Schweizer Konzeption,
Schweizer Qualität,
Für schweizerische
Sicherheitsanforderungen!
Patentsprüche in 9 Staaten

PNEUMATEX
das Sicherheits-Expansionsgefäß

jetzt mit
Spezial-
Hydrometer
mit der
grünen
Zone



Die Praxis hat bestätigt, was Forschung
und Erfahrung schufen: **PNEUMATEX**
ist heute zum Standard geworden!

Wirkungsweise des Pneumatex-
Sicherheits-Expansionsgefäßes:

Das durch die Erwärmung der Zentralheizung
entstehende Mehr-Volumen an Wasser tritt in
das Innere der Butyl-Kautschuk-Blase im Pneu-
matex-Gefäß ein. Wasser und Luft sind also voll-
ständig getrennt. Das der Anlage zugeführte ent-
sprechende Gefäß erfüllt in der Fabrik eine Luftfül-
lung. Diese Luftfüllung wirkt als weiches Kissen
auf das Äußere der Blase und erzeugt auf das im
Blaseninnern eingetretene Wasser einen abge-
stimmten Gegendruck.
Die natürliche Expansion und Kontraktion des
Heizungswassers erfolgt stetig und langsam
selbst für größere Anlagen genügt deshalb ein
einziges "N" Anschluß. Wird jedoch eine Anlage
mit Versäulen überflutet oder überhitzt, dann ver-
hindert die mit dem Kessel verbundenen, mehr-
fachen Pneumatex-Sicherheitsventile einen un-
zulässigen Druckanstieg. Butyl ist unter allen
synthetischen Kautschuk-Arten die lebensdauer-
ständigste. Da Licht und Ozon im Gefäß feh-
len, kann mit einer Lebensdauer der Blase von
12-15 Jahren gerechnet werden. - Im Falle des
Erstens sind die Kosten und der Zeitaufwand
gering.

Die Kombination von PNEUMATEX-Gefäß, Spezial-
Hydrometer und Sicherheitsventilen ergibt optimale
Sicherheit und weist viele echte Fortschritte auf:

1. **Vollständige Sicherheit** durch die Pneumatex-Mehrfach-Membranventile
2. **Einfache Montage** des Gefäßes im Heizraum selbst, ohne Konsolen
3. **Kein Wärmeverlust, keine Gefäß-isolation**: Gefäß wird nur handwarm
4. **Gefäß rostfrei**, Trennung von Wasser und Luft schließt Korrosion aus
5. **Wegfall der Kosten** für lange Sicherheitsleitungen und deren Isolation
6. **Projektorstellung stark vereinfacht**, besonders bei Mehr-Kessel-Anlagen
7. **Spart Armaturen und Montagekosten** durch Wegfall von Wechsel-Ventilen
8. **Spart Baukosten**, keine Aufbauten bei Flachdecken mit Deckenheizung
9. **Entpörlungsrisiken beseitigt** durch absolute Trennung von Wasser und Luft
10. **Prostfrei**, da der Hauptkühlerle Dacheinlauf nun vollständig entfällt.

Das Pneumatex-System ist in tausenden von Anlagen seit
mehr als fünf Jahren im Betrieb und bewährt sich einwandfrei.



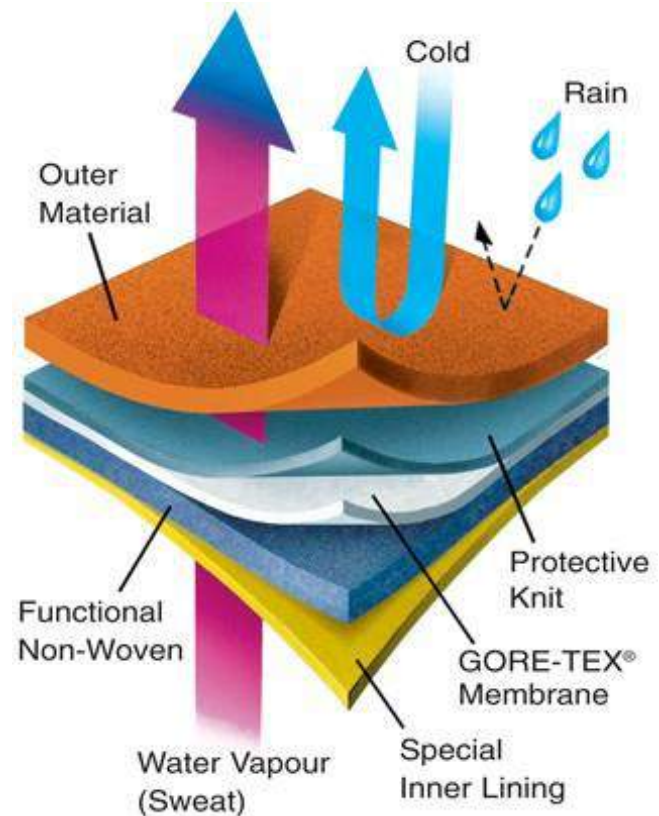
WIKIPEDIA
De vrije encyclopedie



Het bekende rode expansievat is vlak na de Tweede
Wereldoorlog ontwikkeld door **Johan Wormmeester** en later in
productie genomen door **Flamco** waarvan hij indertijd
directeur was. De vorm van het vat is ingegeven door een zeer
praktische overweging. Wormmeester zocht een geschikte
vorm en realiseerde zich dat een mal behoorlijk duur is, dus
zocht hij naar een goedkope oplossing: **twee pannen op elkaar**.
Die mallen bestonden al. Het bekende rode expansievat
bestaat feitelijk dus uit twee pannen op elkaar,
samengehouden door een ring. Tussen de twee helften, in de
ring, zit ook het rubberen membraan geklemd.

Is gesloten ook DICHT ?

? Waterdicht $\leftrightarrow$ Gasdicht ?



Op welke wijze kan zuurstof binnendringen in een gesloten CV installatie?

- | | |
|---|---|
| 1. Zuurstof in de ingesloten restlucht bij het vullen van de installatie, die niet ontlucht kon worden | 1. Gering , alleen initieel aanwezig |
| 2. Zuurstofgehalte van het vulwater | 2. Gering , alleen initieel aanwezig |
| 3. Zuurstofgehalte van het suppletiewater (bijvullen) | 3. Hangt af van hoeveelheid suppletie |
| 4. Intrede van lucht (met zuurstof) door onderdruk (onvoldoende drukbehoud) | 4. Zeer groot |
| 5. Zuurstofdiffusie doorheen permeabele materialen (bv kunststof en rubbers) | 5. Mogelijk groot , ifv verhouding staal tot permeabel materiaal |
| 6. Zuurstofintrede door contact tussen systeemwater en atmosferische lucht (en dus zuurstof) | 6. Mogelijk groot , o.a. afhankelijk van optredende thermische volumeveranderingen |



Een rekenvoorbeeld

- Installatieinhoud: 1000 l
- Alle intredende zuurstof bindt met staal tot magnetiet Fe_3O_4
- 1 g O_2 vormt 3,625 g Fe_3O_4
- Mechanismen van zuurstofintrede zijn
 - éénmalig (bv vullen, restlucht)
 - Weerkerend (bv onderdruk, diffusie, ...)in dit geval wordt de hoeveelheid voor een jaar genomen

Er is geen rekening gehouden met

- Geleidbaarheid
- pH

Omdat deze aspecten oorzakelijk geen verschil maken in de hoeveelheid corrosieslib die kan gevormd worden, enkel de snelheid van de reactie kan erdoor beïnvloed worden

Restlucht

Veronderstelling:

- 10% van de installatie kon niet ontlucht worden
- Deze restlucht, met een dichtheid van $1,2 \text{ kg/m}^3$, bevat 21% zuurstof dat door het systeemwater zal worden opgenomen

91 g Fe_3O_4

= ongeveer 10 Nutroma cups v 9g



Éénmalig (bij de opstart)

Zuurstof in het vulwater

Vaststelling:

- Gemiddeld bevat een liter leidingwater ongeveer 10mg opgeloste zuurstof O₂

36 g Fe₃O₄

= ongeveer 4 Nutroma cups v 9g



Éénmalig (bij de opstart)

Suppletiewater (bijvulling)

Veronderstelling:

- Jaarlijks wordt er bijgevuld met vers water
- Maximale bijvulhoeveelheid volgens WTCB is 10 % van de installatieinhoud
 - Regel is dat de totale installatieinhoud max 3 keer mag ververs worden binnen de levensduur van het systeem
 - Dus 300% in 30 jaar = 10% / jaar

3,6 g Fe_3O_4

= minder dan een halve Nutroma cup



Weerkerend (elk jaar)

Onderdruk (gebrekkig drukbehoud)

Veronderstelling:

- stookseizoen van 220 dagen à 5 dagen per week
- 52 dagen op 70 °C-20 °C,
52 dagen op 55 °C-20 °C
52 dagen op 30 °C-20 °C
- Drukbehoudsysteem functioneert niet goed, waardoor bij elke afkoeling (2x per dag door regimeverlaging) (als het watervolume kleiner wordt) er lucht wordt aangezogen op hoogste punt via automatische ontluchters en dichtingen.

3658 g Fe_3O_4

= twee dozen Nutroma cups v 200



Weerkerend (elk jaar)

Zuurstofdiffusie via kunststof leiding (met EVOH laag)

Veronderstelling 'worst case' scenario:
EVOH zuurstofschermbelasting voldoet net aan
norm

135 g Fe_3O_4

- 500 meter aan 20 x 2 mm kunststofleidingen
(NB: 65 x 6,5 mm heeft zelfde resultaat, omdat de diameter-wanddikte-verhouding gelijk blijft)
- permeatiecoëfficiënt 3,60 mg/(m² · dag) wat net voldoet aan de eisen van DIN 4726 bij 80 °C
- Zuurstofintrede via persverbindingen is **niet** meegerekend

= pakweg anderhalf pakje?



Weerkerend (elk jaar)

NIET zuurstofdichte kunststof leiding

Veronderstelling PE-RT

- 500 meter aan 20 x 2 mm kunststofleidingen
- permeatiecoëfficiënt 50 (ml · mm)/(m² · dag · bar) wat nét voldoet aan de eisen van DIN 4726 bij 80 °C
- Zuurstofintrede via persverbindingen is **niet** meegerekend
- Dit soort van leidingen wordt vandaag niet meer gebruikt (hopelijk toch?)

235686 g

Fe₃O₄

= een halve bestelwagen?



Weerkerend (elk jaar)

Zuurstofdiffusie via rubber slangen

Veronderstelling:

- 50 meter butylrubber met rvs-omvlechting (25 x 6 mm)
(zgn. oxystop of difustop flexibels)
- Permeatiecoëfficiënt 36 (ml · mm)/(m² · dag · bar)
- Opgelet: de goedkopere EPDM flexibels worden véél vaker gebruikt. Doorlaatbaarheid voor zuurstof is dan ongeveer 17 keer hoger !

5971 g Fe₃O₄

= 2 grote dozen van 360?



Weerkerend (elk jaar)

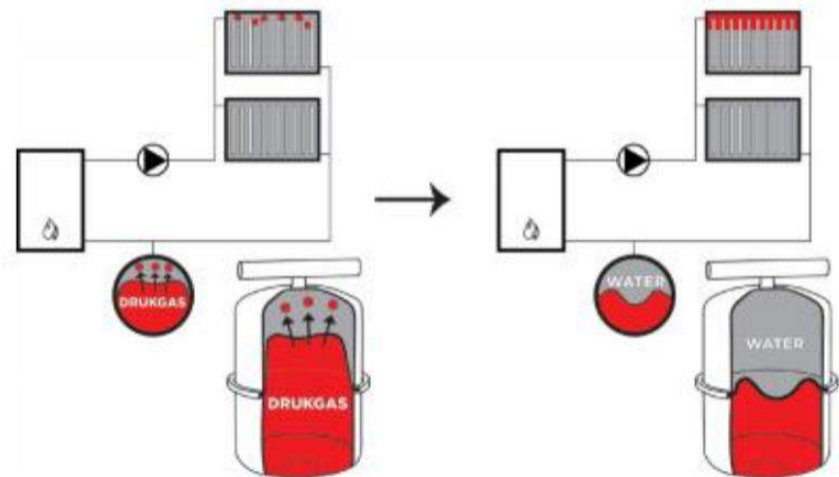
Zuurstof afkomstig uit het expansievat

(permeatie van het gaskussen doorheen het membraan)

Veronderstelling:

- expansievat van 150 liter, voordruk van 1,5 bar (2,5 bar absolute luchtdruk)
- in de fabriek opgevuld met droge perslucht (ALLE fabrikanten behalve één)

375 g Fe_3O_4



Migratie van gashoudend water uit het expansievat naar de installatie.

Weerkerend (elk jaar)

Zuurstof afkomstig uit het expansievat

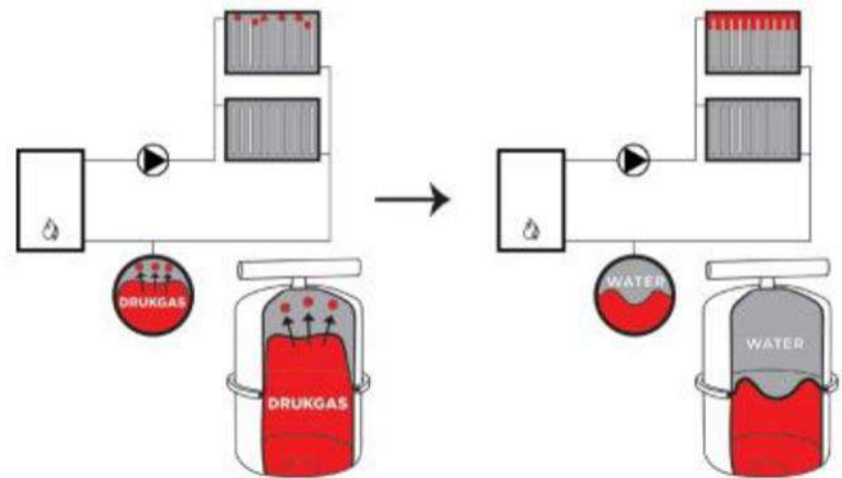
(permeatie van het gaskussen doorheen het membraan)

alternatieve berekening

Veronderstelling:

- expansievat van 100 liter, voordruk van 1,0 bar (2,0 bar absolute luchtdruk)
- in de fabriek opgevuld met stikstof

150 g Fe_3O_4



Migratie van gashoudend water uit het expansievat naar de installatie.

Weerkerend (elk jaar)

Samenvattende tabel zuurstofintrede

Oorzaak	Eénmalig	Jaarlijks
Restlucht 10%	91	
Vulwater	36	
Suppletie (bijvulling)		3,6
Onderdruk		3.658
Permeatie doorheen kunststof EVOH scherm		135
Permeatie zonder diffusiescherm		235.686
Permeatie rubber slangen		5.971
Gaskussen expansievat 150/1,5 perslucht	375	
Gaskussen expansievat 100/1 stikstof	150	

Vereenvoudigde conclusie: belangrijkste oorzaken zuurstofintrede

HOOFDOORZAKEN

- Rubber flexibels
- Onderdruk (slecht drukbehoud)
 - Voordrukverlies expansievat
 - Verkeerd nulpunt
 - Té hoge voordruk
 - Te klein expansievat (bv ingebouwd in wandketels)

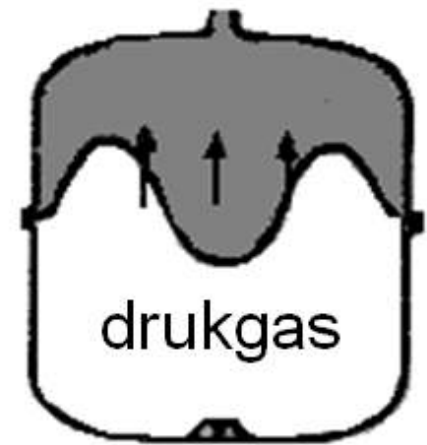
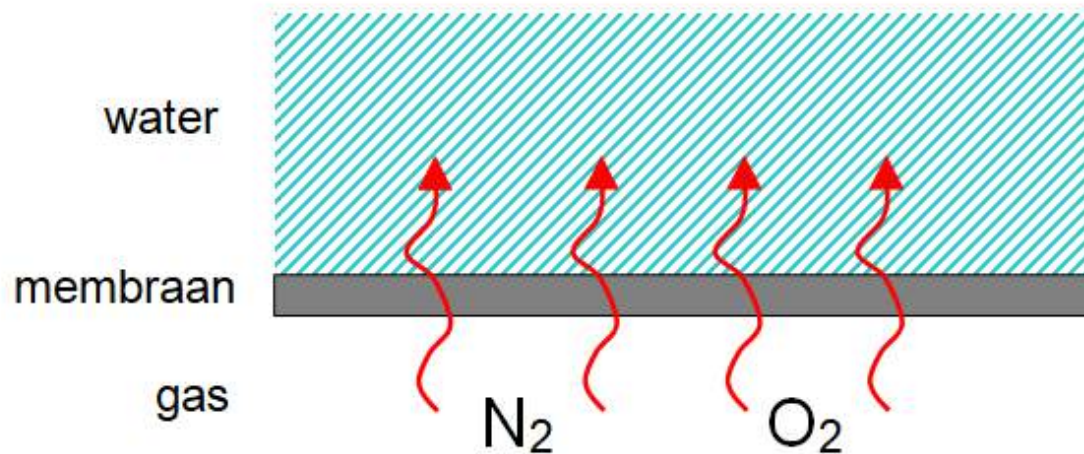
Commentaar

- gebruik RVS flexibels of composietbuis
- expansievat speelt hoofdrol
 - Voordrukverlies jaarlijks controleren
 - Nulpunt aan zuigzijde circulator
 - Voordruk instellen bij leeg expansievat + noteren op het vat (met datum!)
 - Juist berekenen / evtl overdimensioneren

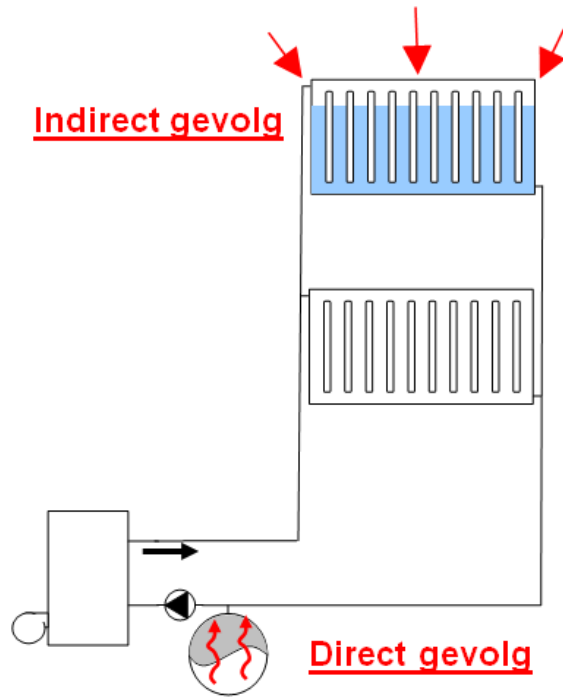
Het expansievat is
de meest onderschatte factor
(nochtans de meest zichtbare)



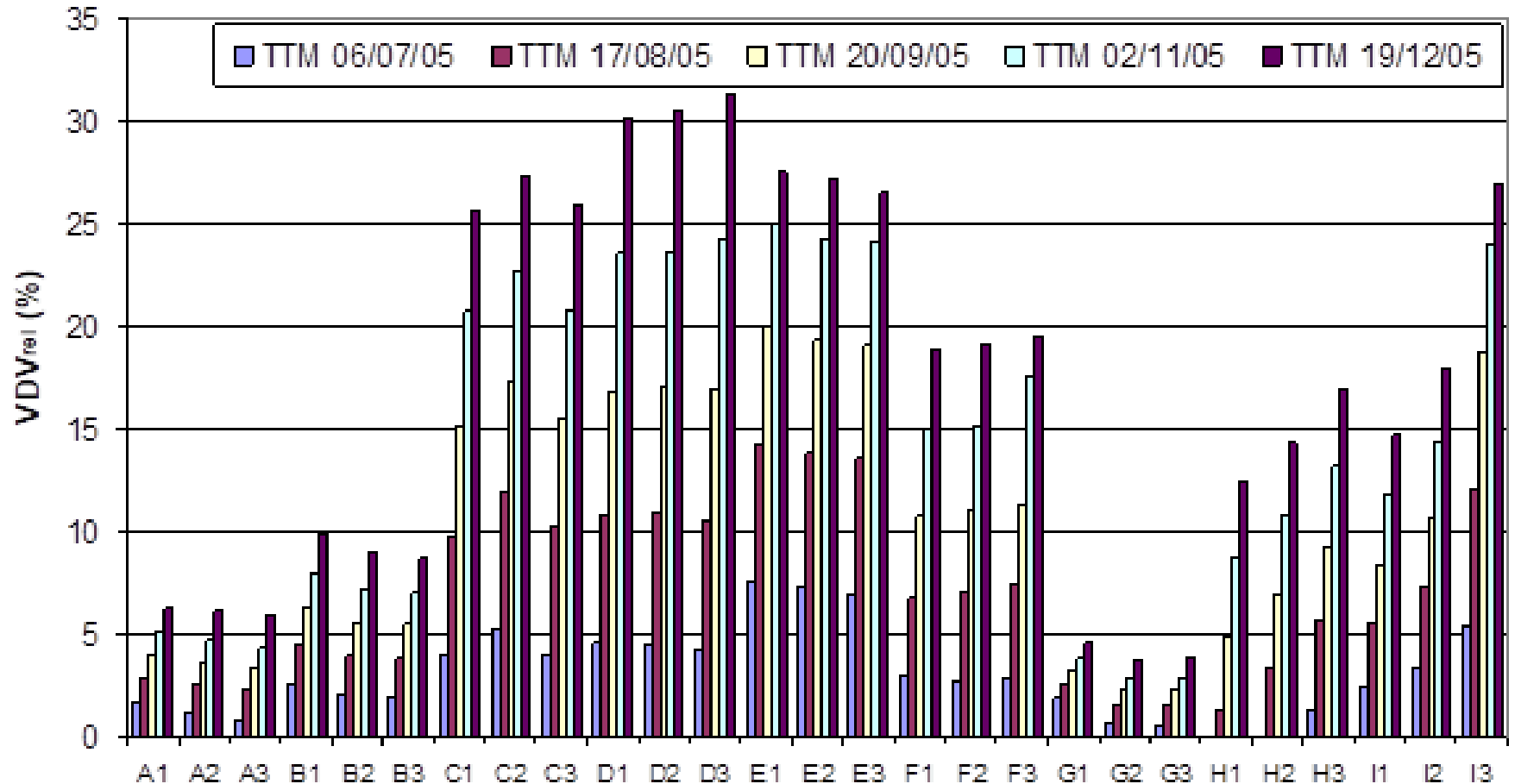
Onderzoek aan de Karel de Grote Hogeschool (vandaag Universiteit Antwerpen) in 2005 leverde interessante inzichten:



Proefopstelling voordrukverlies



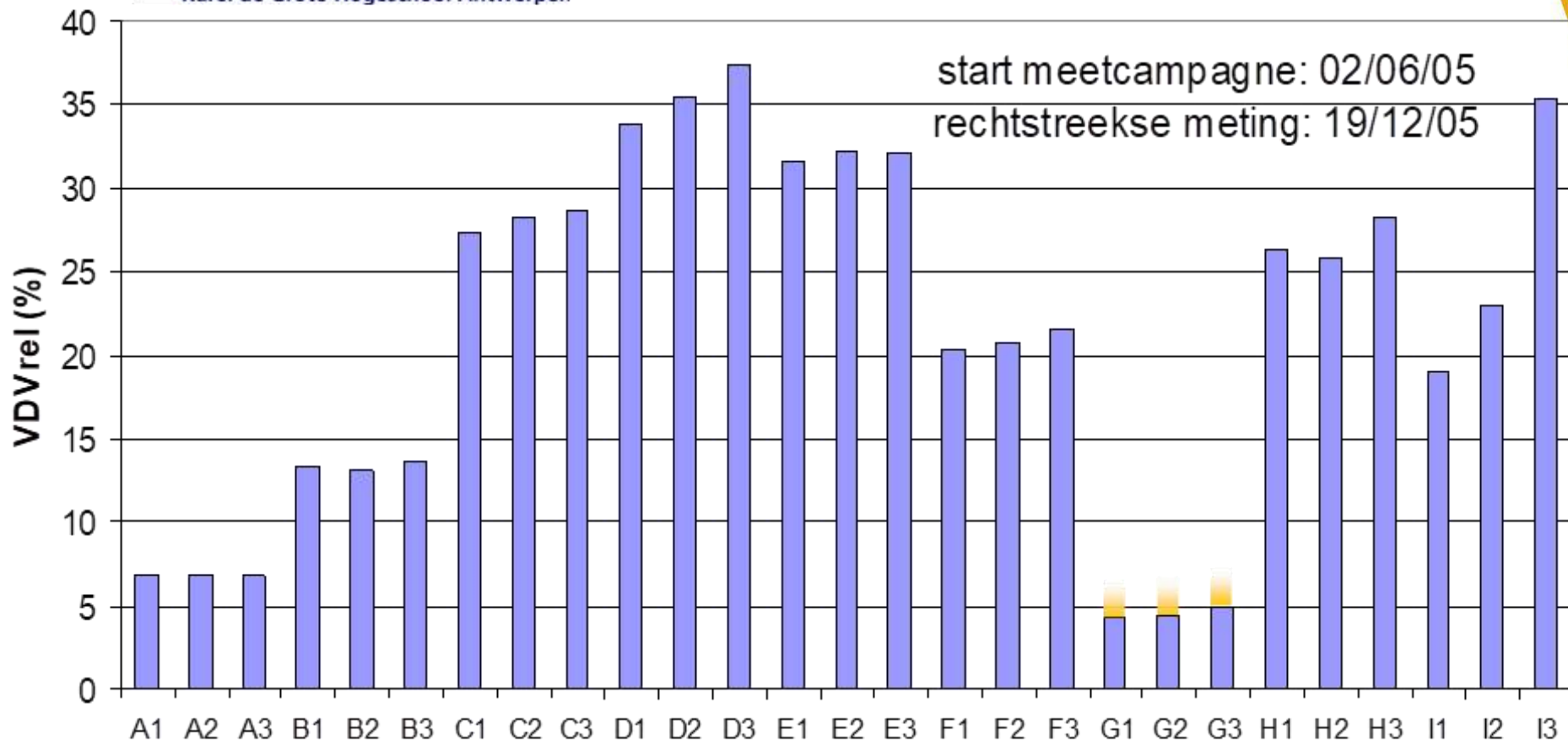
Gravitaire meting





Karel de Grote-Hogeschool Antwerpen

Rechtstreekse meting VDV-MC2



Spectaculaire resultaten, die in de sector nauwelijks weerklank vonden

- de beste expansievaten (A en G) verliezen ongeveer 10 à 15 % van hun voordruk op één jaar tijd
- de slechtste expansievaten (C, D, H en I) verliezen tussen 50 en 75 % van hun voordruk op één jaar tijd



Dus is jaarlijkse controle van de voordruk geen
luxe, maar een noodzaak



HET IS NIET
ALTIJD EVEN
MAKKELIJK!

En de andere (waterkwaliteits-) parameters?

Geleidbaarheid

- De geleidbaarheid van het systeemwater maakt geen verschil in de hoeveelheid corrosieslib die kan gevormd worden
- Geleidbaarheid beïnvloedt enkel de snelheid van de corrosiereactie
 - Lage geleidbaarheid: trage corrosiereactie
 - Hoge geleidbaarheid: snellere corrosiereactie

pH

- Idem met pH
 - pH beïnvloedt wél of het metaal zichzelf slechter of beter kan beschermen tegen de inwerking van zuurstof
 - Immuniteit van staal bij hoge pH
 - Oplosbaarheid van alumine (oxidehuid) bij hoge pH
- aluminium en staal hebben een smalle gemeenschappelijke pH-bandbreedte

Correcte pH en een lage geleidbaarheid
bieden extra veiligheid,
maar verhelpen de oorzaak niet

Zuurstofintrede
is de echte oorzaak van
corrosieslijk

Hebben systeemwateranalyses dan wel zin?

Een klein beetje wel

- Inzicht in waterchemie helpt als eea grondig fout zit
- Opgelet met staalname
- In sommige gevallen helpen wateranalyses om oorzaken te bloot te leggen (bv overdreven bijvullen)

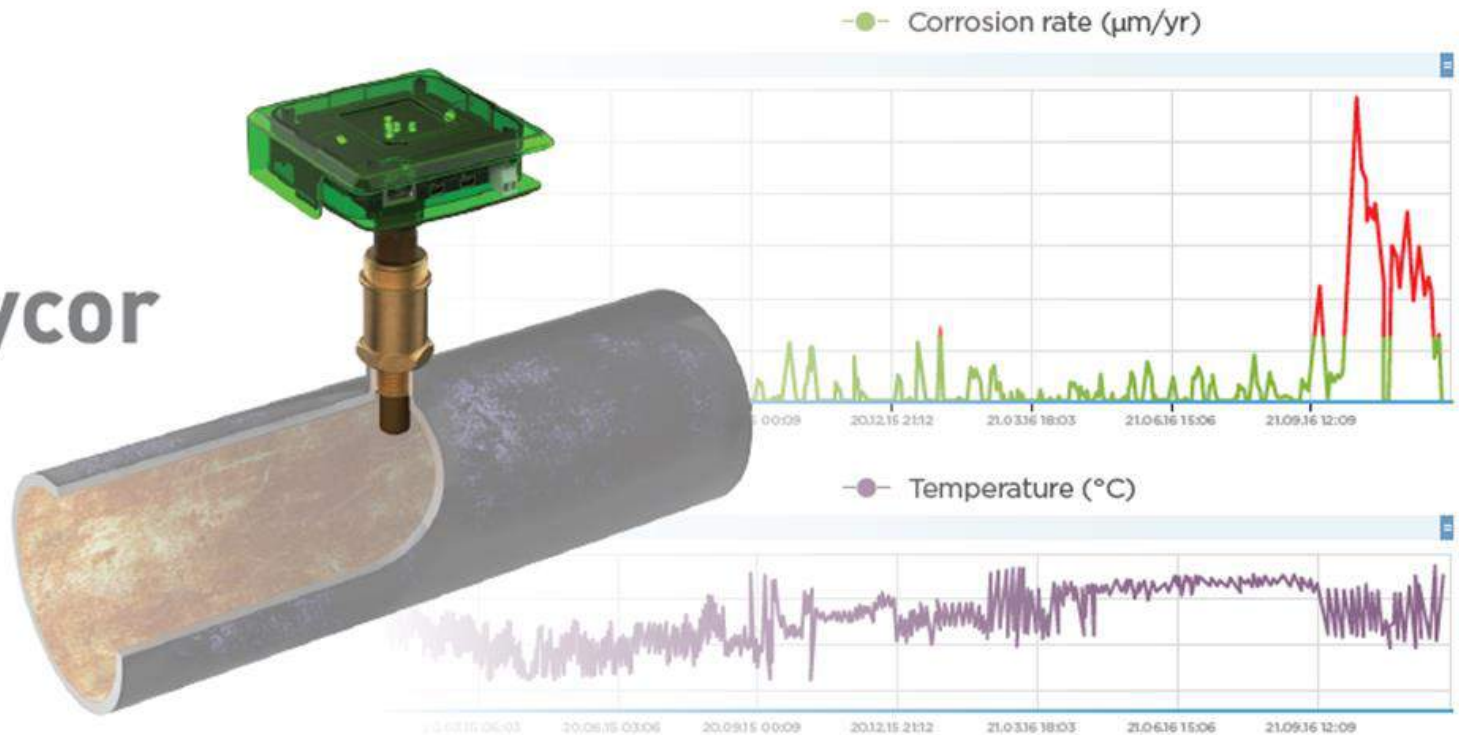
Eigenlijk niet echt

- Opgeloste zuurstof is zeer moeilijk meetbaar
 - Enkel in situ, onder de bedrijfsomstandigheden
 - O₂ verdwijnt zeer snel in het corrosieproces
 - Zuurstofintrede is vaak niet constant maar intermitterend (bv bij onderdruk) je moet al geluk hebben op het juiste moment te meten

chemische wateranalyses zijn een momentopname met zeer beperkte betekenis

Corrosiemonitoring maakt het onzichtbare zichtbaar

 risycor



Jaarlijkse inspectie

Permanente monitoring =
de kanarie in de koolmijn



Soms is het voldoende om een
andere invalshoek te nemen om
de dingen duidelijk te zien.



Analogie met een rookmelder of verliesstroomschakelaar



Technische
Voorlichting op
komst deze lente



KENNISBANK.ISSO.NL

KENNISINSTITUUT VOOR INSTALLATIETECHNIEK

ISSO-publicatie 13

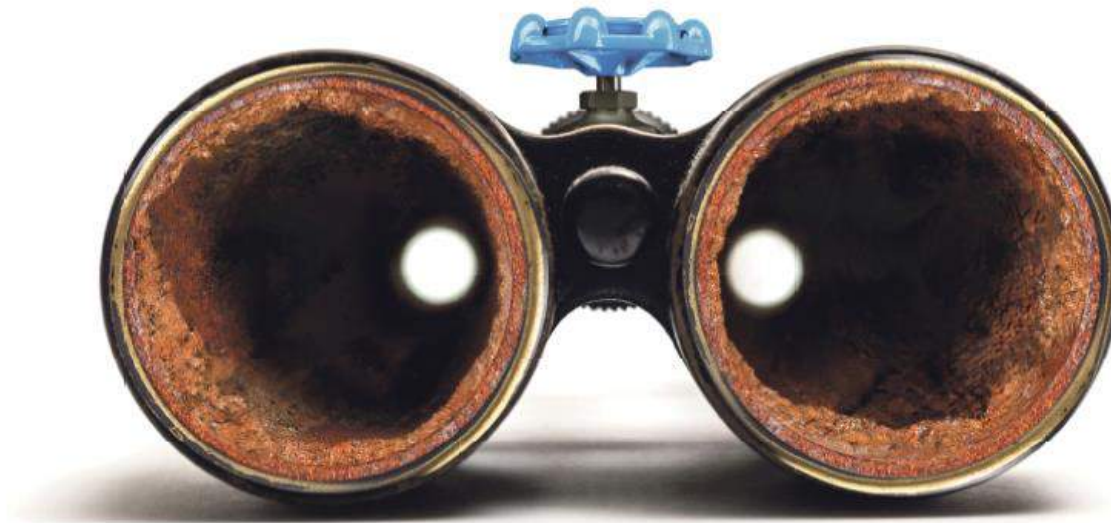
Voorkomen van corrosie en vervuiling

Richtlijnen voor gesloten watervoerende systemen

Datum: 01-10-2019
ISBN: 978-90-5044-324-1
Product: ISSO-publicatie
Status: Actueel



Kijk vooruit.



Onzichtbare problemen in je centrale verwarming leiden tot ergernis en onnodige kosten.
Vastzittende radiatorkranen? Verstoppingen in de ketel? Geblokkeerde pomp?
De loodgieter zegt dat dit tegenwoordig normaal is...

Het valt nochtans te voorkomen.

Meer info op www.resus.eu



Atic

for HVAC professionals

