

BlueKolding 



OFFERLEDNINGER

Sigurd Matz Neergaard, Bluekolding

Asbjørn Haaning Nielsen, Aalborg Universitet BUILD

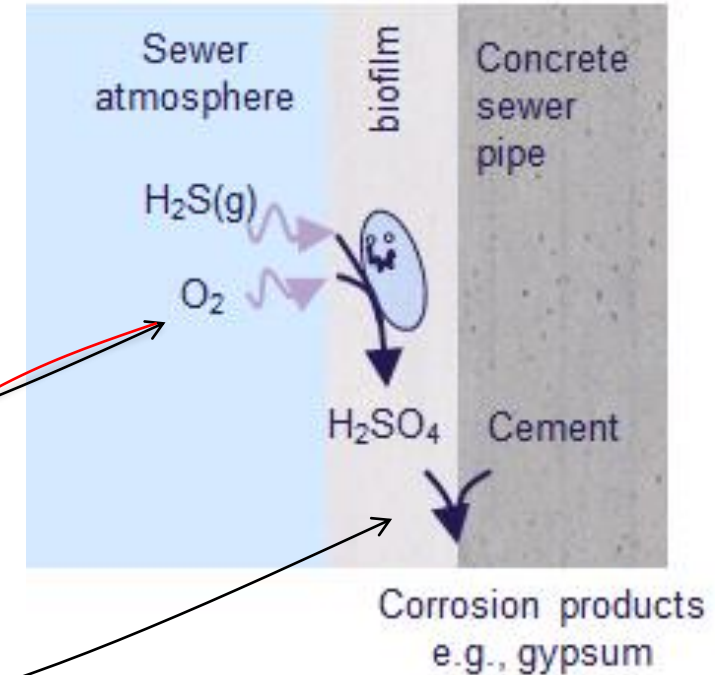
Baggrund

Asbjørn Haaning Nielsen, Aalborg Universitet BUILD

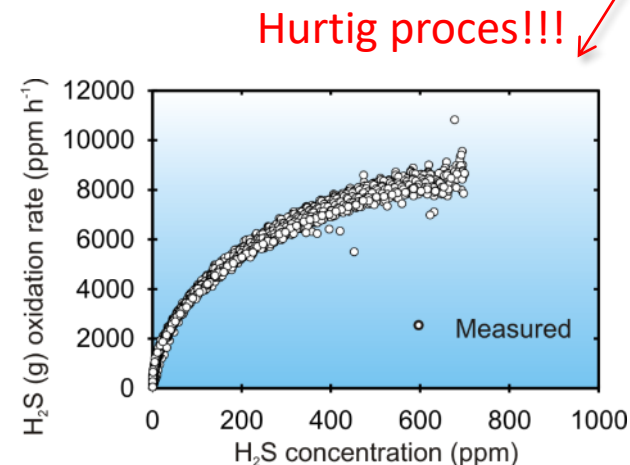
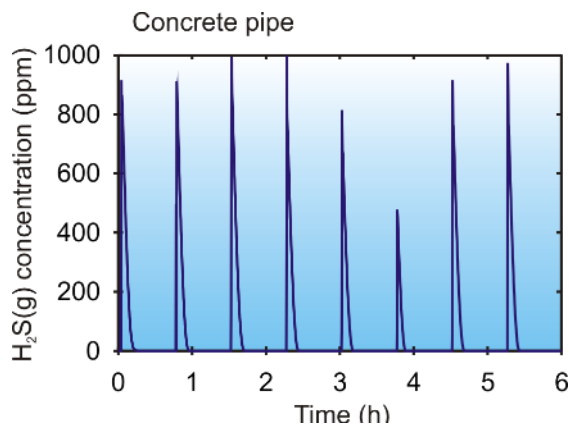
Introduktion – Biokorrosion i kloak

Korrosion af beton er et stort problem i mange afløbssystemer!

- Svovlbrinte, der frigives fra spildevandet til kloakatmosfæren, omdannes til svovlsyre af svovlbakterier
- Syren reagerer med de alkaliske komponenter i betonen, hvilket resulterer i biokorrosion

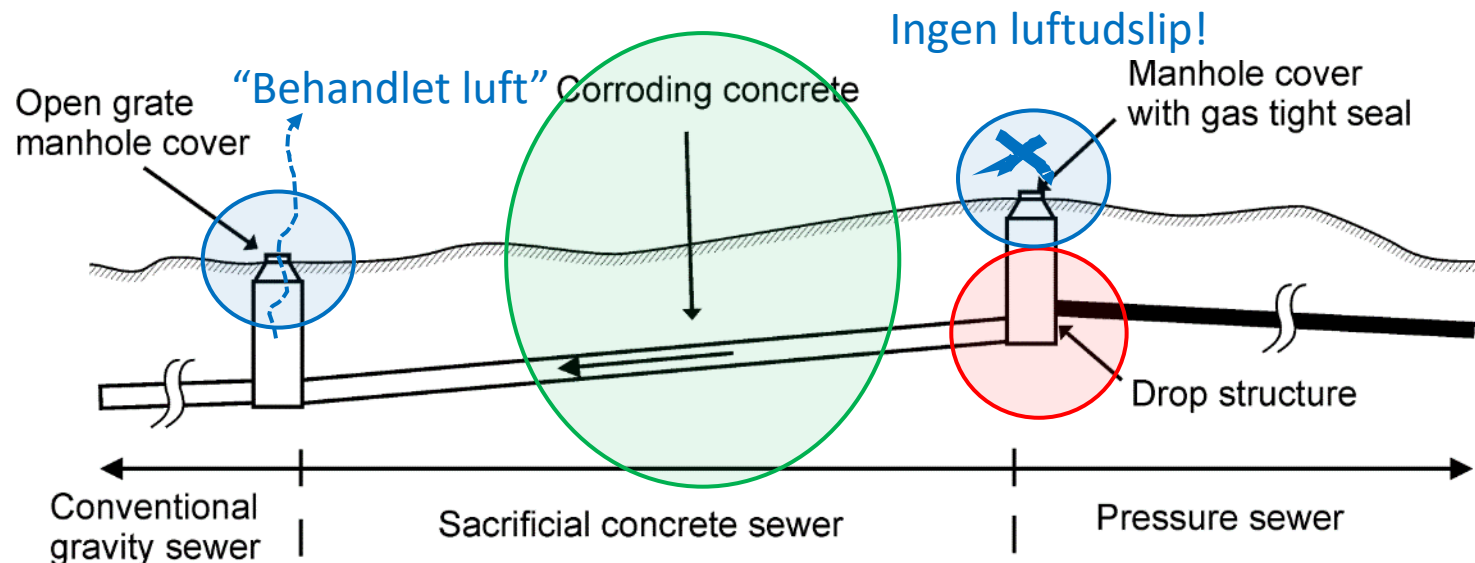


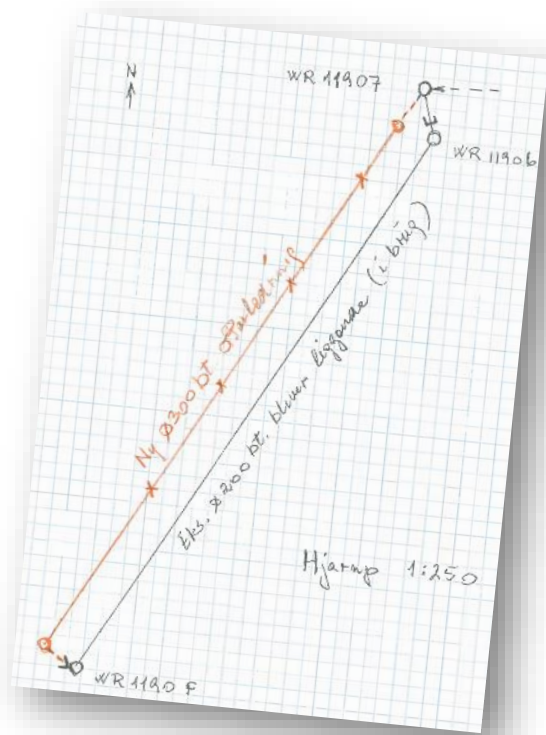
😊 Sund | Korroderende 😞



Introduktion – Offerledning / offerbeton

- Udnyt den hurtige H_2S -fjernelse ved at korrodere beton for derved at afbøde lugtproblemer
- Virkemåde:
 1. H_2S stripping ved øget turbulens
 2. H_2S fjernelse ved omsætning udført af svovlbakterier (betonkorrosion)
 3. Begræns emission af "ubehandlet" luft fra kloakken





Målinger fra nogle af de første anlæg

Offerledning ved Hjarup, BlueKolding

Feltundersøgelser – Projektlokalitet

- I forbindelse med Inno-MT projektet ”Offerledninger til bekæmpelse af svovlbrinte i afløbssystemer” blev der i 2013 anlagt 5 offerledninger

- 3 hos BlueKolding
- 2 hos Vandcenter Syd

BlueKolding

VandCenterSyd
DIT VAND · VORES ELEMENT

Projektet blev beskrevet i artiklen ”Offerledninger” i EVA bladet (2014, nr. 2)

Hvad viste målingerne og hvad er status her 10 år senere?

- Projektet blev gennemført i 2013
- Særligt (BlueKolding) H₂S koncentrationer

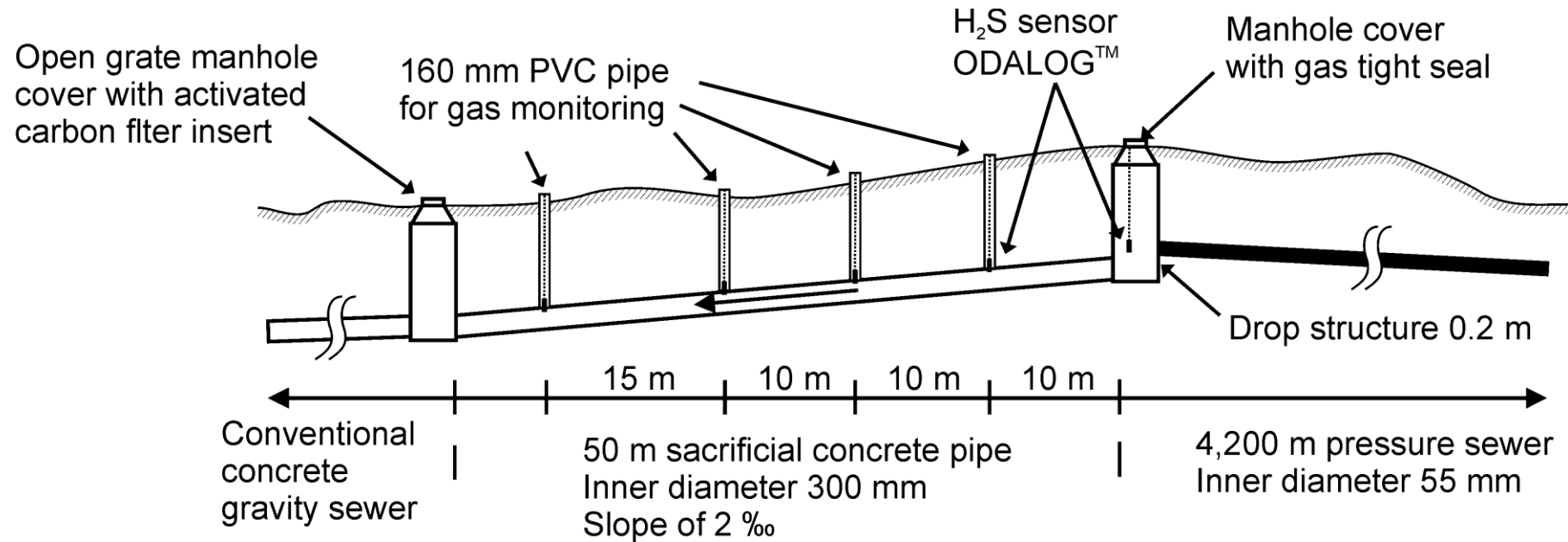


Feltundersøgelser – Projektlokalitet

- Åbent land system med 28 individuelle pumpestationer
- Anlagt i 2013 efter en fælles trykledning
- Længde 4200 m, indvendig diameter 32,6 mm – 61,4 mm
- Opholdstid op til på 45 timer
- **Meget reduceret spildevand indeholdende H₂S**



Feltundersøgelser – Projektlokalitet

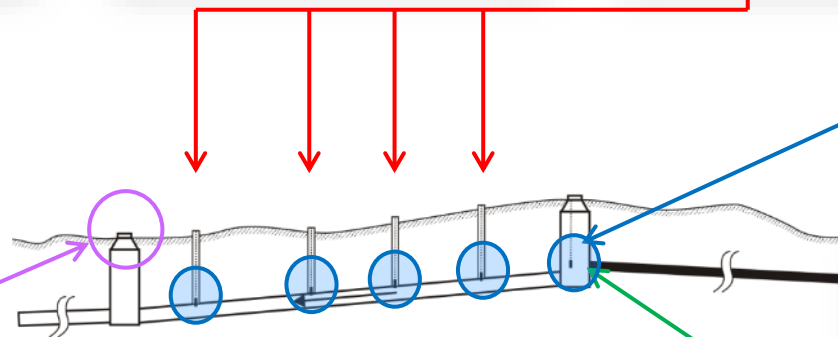


Feltundersøgelser – Projektlokalitet



H₂S gassensorer
- 5 i alt

Åbnt/ventileret dæksel
med kulfilterindsats

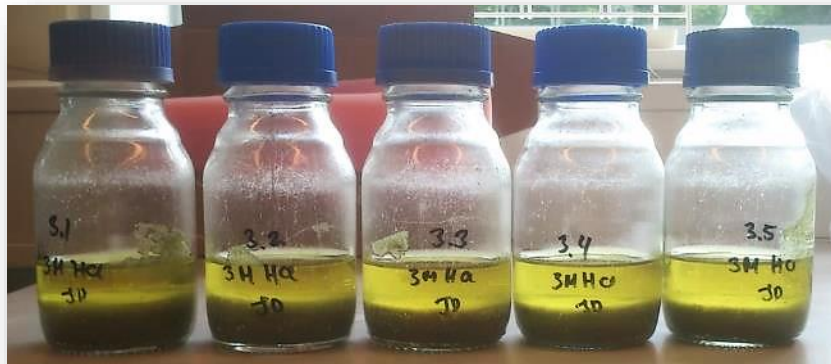


Frit fald på 0,2 m

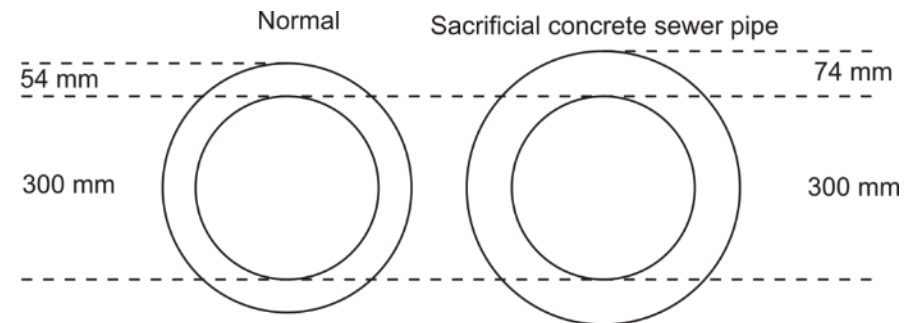


Resultater og diskussion – Offerbeton

- Beton med høj alkalitet for forlænget levetid
 - Kalksten/marmor tilslag
 - Alkalinitet: $0,34 \text{ g CaCO}_3 \text{ g}^{-1}$
 - Typisk værdi: $0,16\text{-}0,24 \text{ g CaCO}_3 \text{ g}^{-1}$
 - Forøgelse på 40-110 %
- Rørdimensioner
 - Diameter 300 mm
 - Materialetykkelse 74 mm
 - Normal 54 mm
 - Forøgelse i masse på 45 %



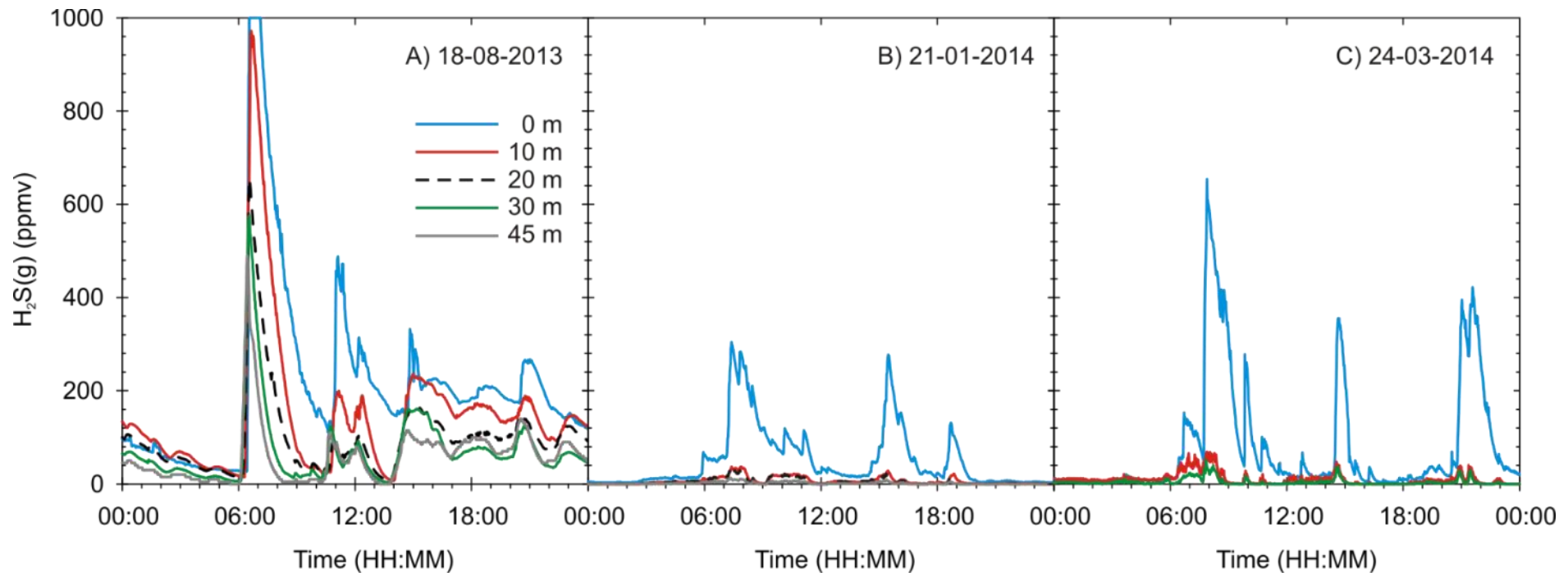
Alkaliniteten af betonprøver blev bestemt ved opløsning i stærk syre (3M HCl)



- Samlet levetid **200% - 300%** af et normalt betonrør

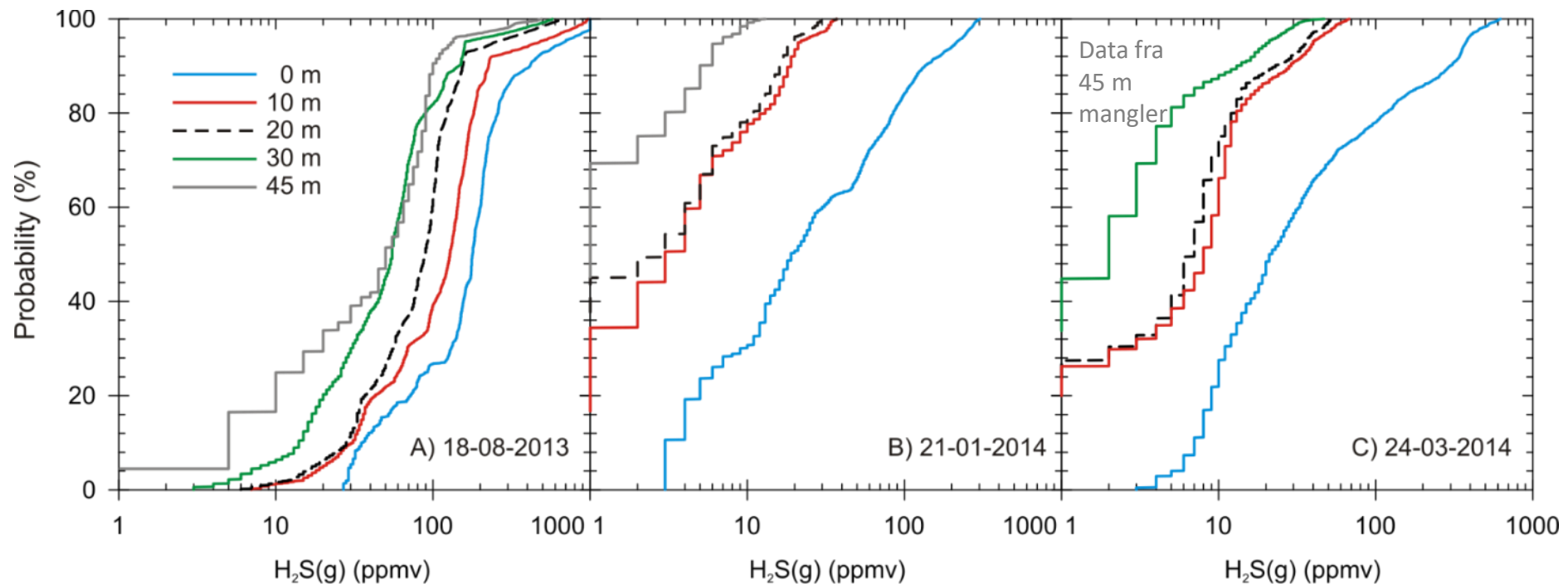
Resultater og diskussion – H₂S målinger

- Rådata fra tre måledage efter 2, 7 og 9 måneder
 - Højeste H₂S-koncentrationer i august og lavest i januar
 - Betydelig H₂S fjernelse efter 7 og 9 måneder



Resultater og diskussion – H₂S målinger

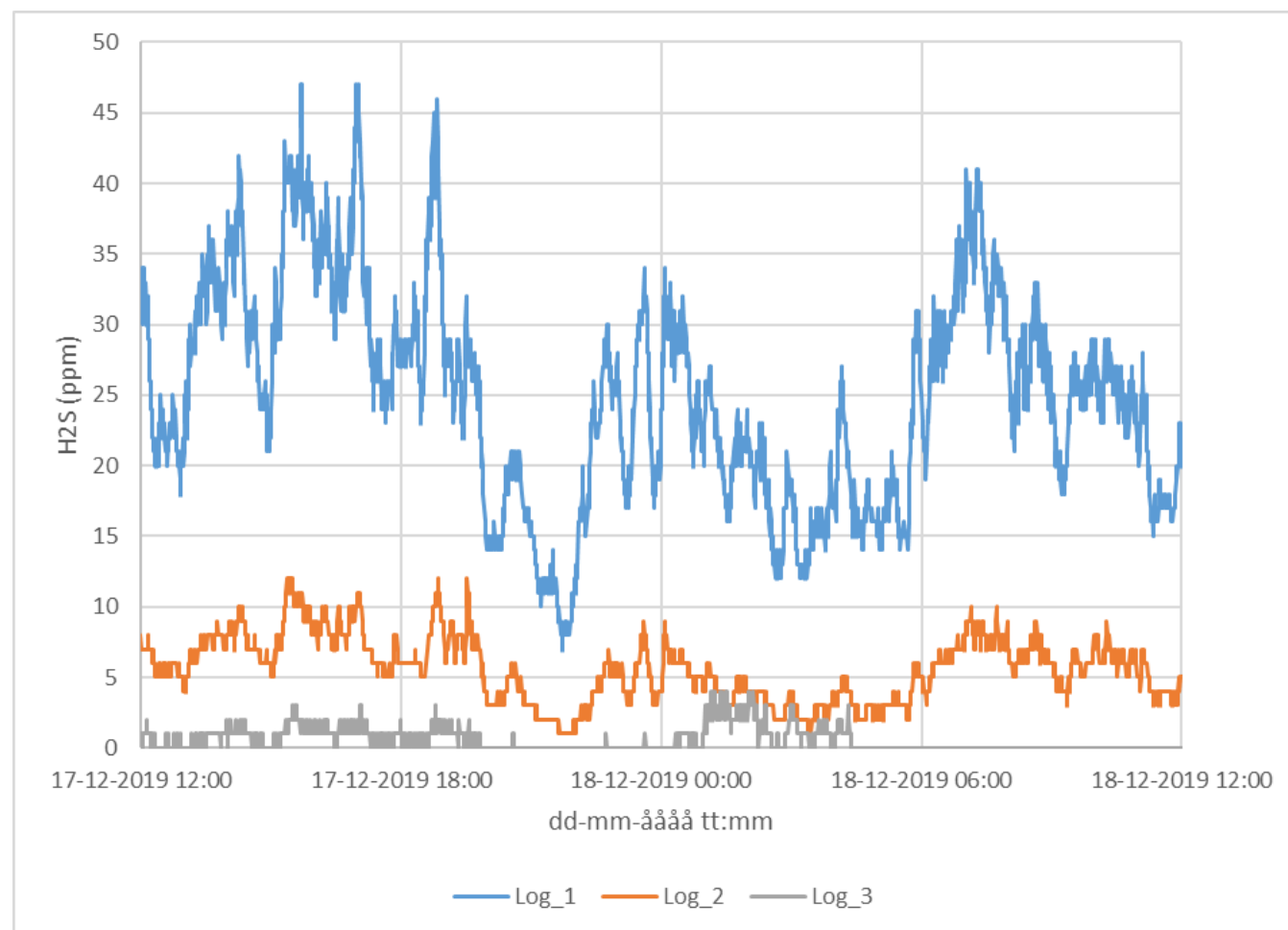
- Kumuleret fordeling (*NB : bemærk log-skalaen*)
 - 1 ppm eller mindre i en væsentlig del af tiden i den nedstrøms ende, hvor luften får lov til at slippe ud





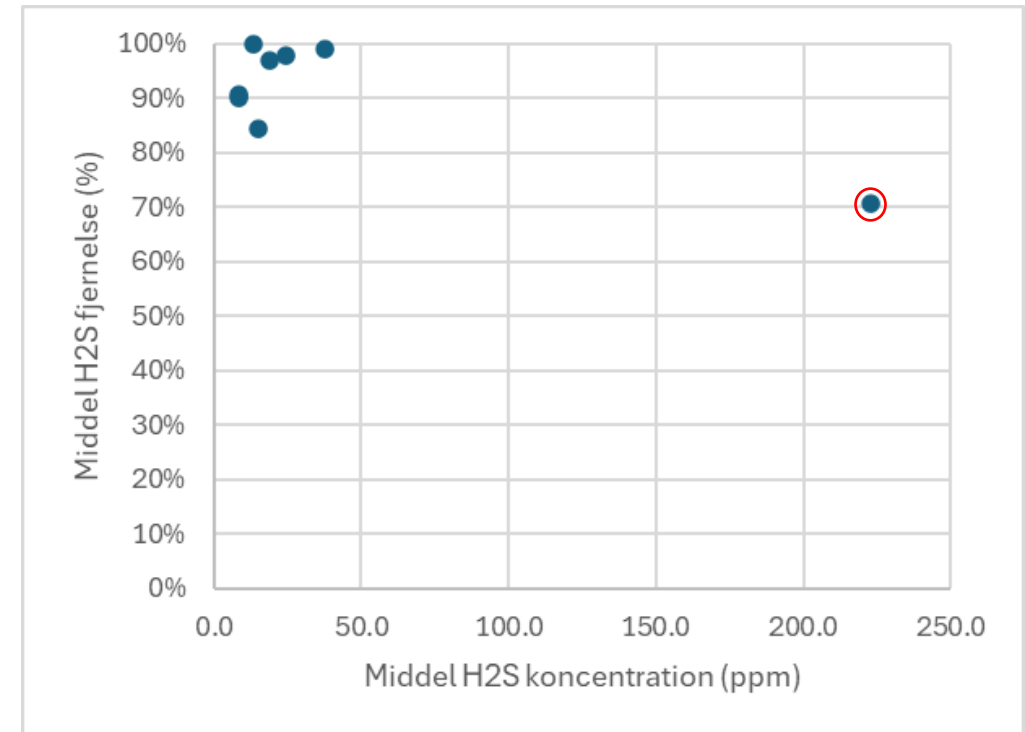
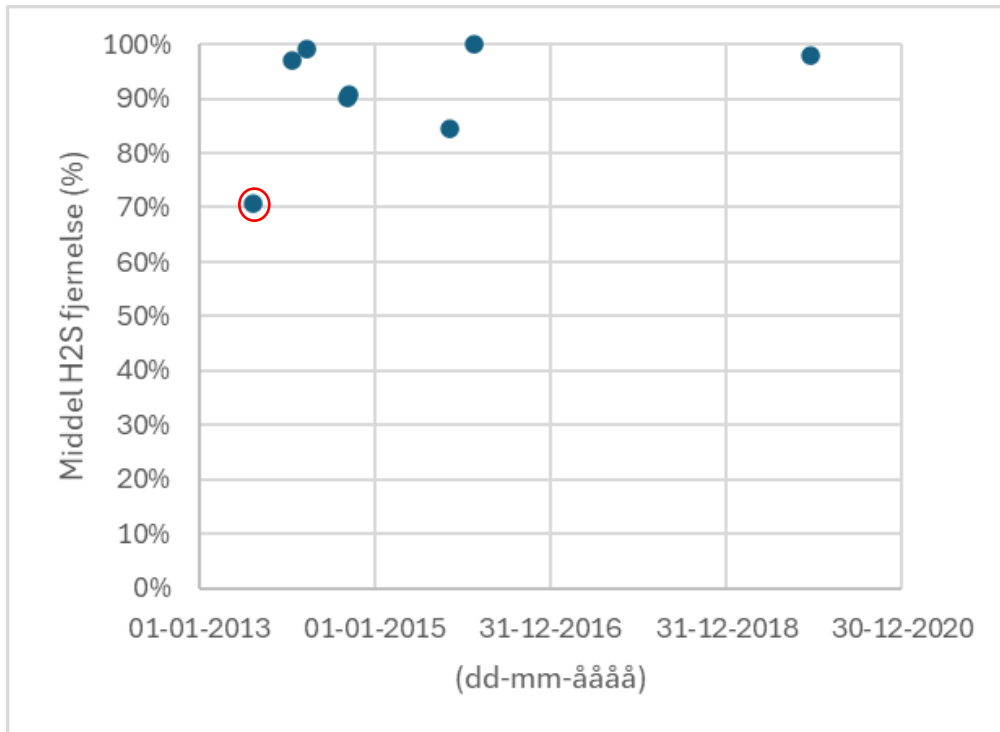
Nyere målinger

Der har været gennemført H₂S målinger 10 gange ved Hjarup siden 2013 – senest i December 2019



Fjernelseseffektivitet

- Generelt en høj fjernelses %
- Stadig effektiv efter 6 års drift



Resultater og diskussion – Observationer

- Efter 9 måneders drift var korrosion betydelig.
- Område udsat for kloakatmosfære, der viser tegn på korrosion:
 - 60-65 % i opstrømsenden
 - 15-20 % ved 20 m
- Korrosion startede som en skarp front, der startede udviklingen ved vandspejlet
- Lignende observationer fra et pilotstudie (Vollertsen et al., 2008)

Oppumpning
efter 9 måneder



Efter 9 måneder



+ 20 m efter 9
måneder



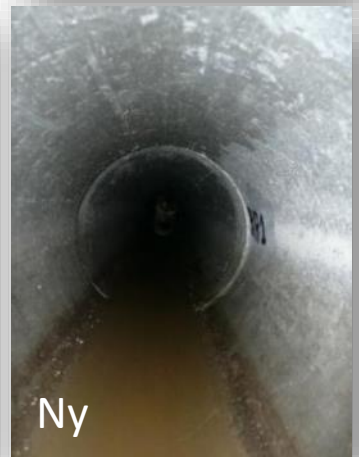
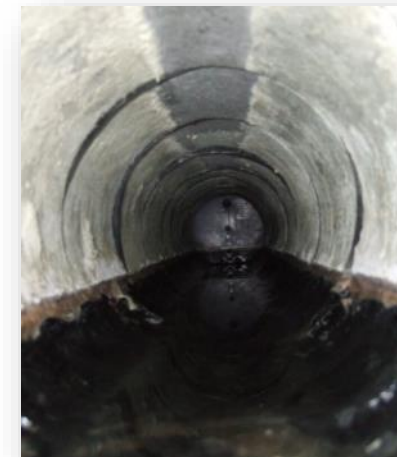
Efter 9 måneder



+ 20 m nyt system



Ny



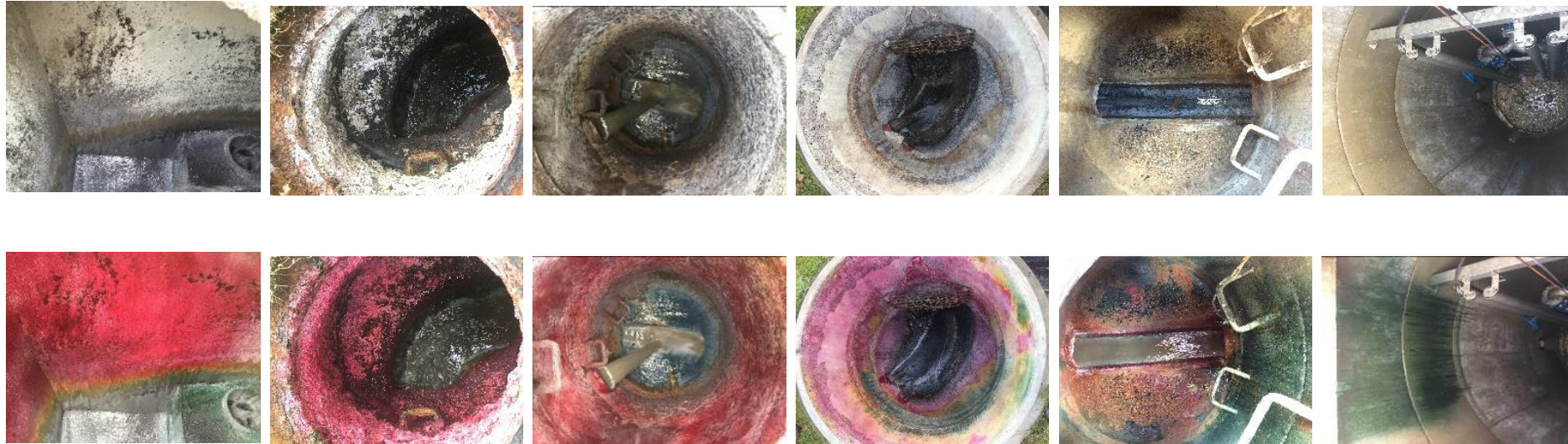
Resultater og diskussion – Overflade pH

- Kondensvand samler sig på kronen af røret.
→
- Kondensatet er meget surt med en pH-værdi mellem 0 og 1.
- Frisk beton har en pH-værdi på > 10 , hvilket begrænser kolonisering af sulfidoxiderende bakterier.
- pH sænkes ved reaktioner med CO_2 (karbonering) og kemisk sulfidoxidation (**tager måneder**)



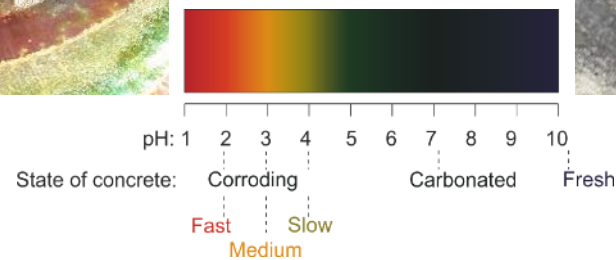
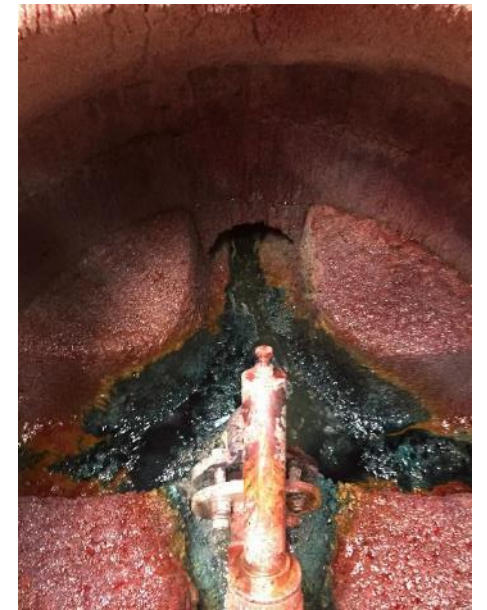
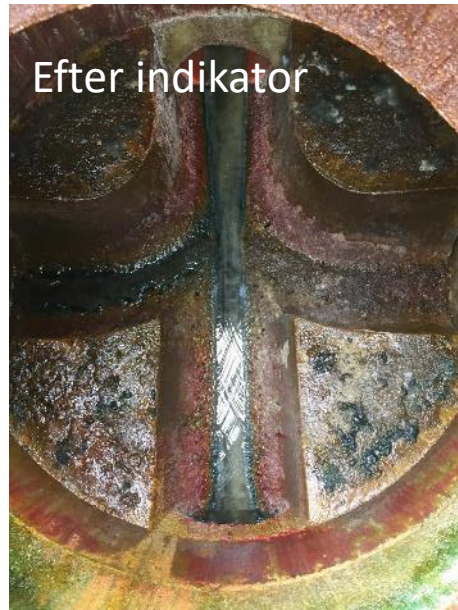
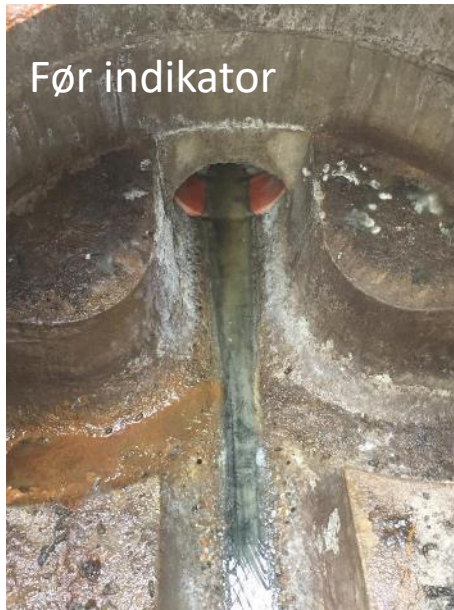
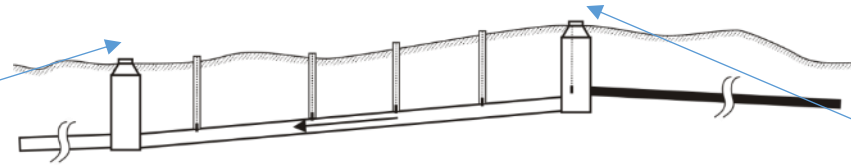
Resultater og diskussion – Overflade pH

- AAU har tidligere udviklet en spray-on indikator, der kan vise betonens overflade-pH



Resultater og diskussion – Overflade pH

- Målinger fra april 2017



Delkonklusion på feltmålinger

- **Fordele** 😊

- Gennemsnitlige H₂S-niveauer blev reduceret fra to-cifrede tal til mindre end 1 ppm langs systemet, maksimale niveauer fra tre cifre til mindre end 10 ppm
- Robust teknologi med god ydeevne til både høje og lave H₂S niveauer
- Særligt velegnet til anlæg med mange individuelle pumpestationer
- Lidt eller ingen vedligeholdelse nødvendig

- **Ulemper** 😞

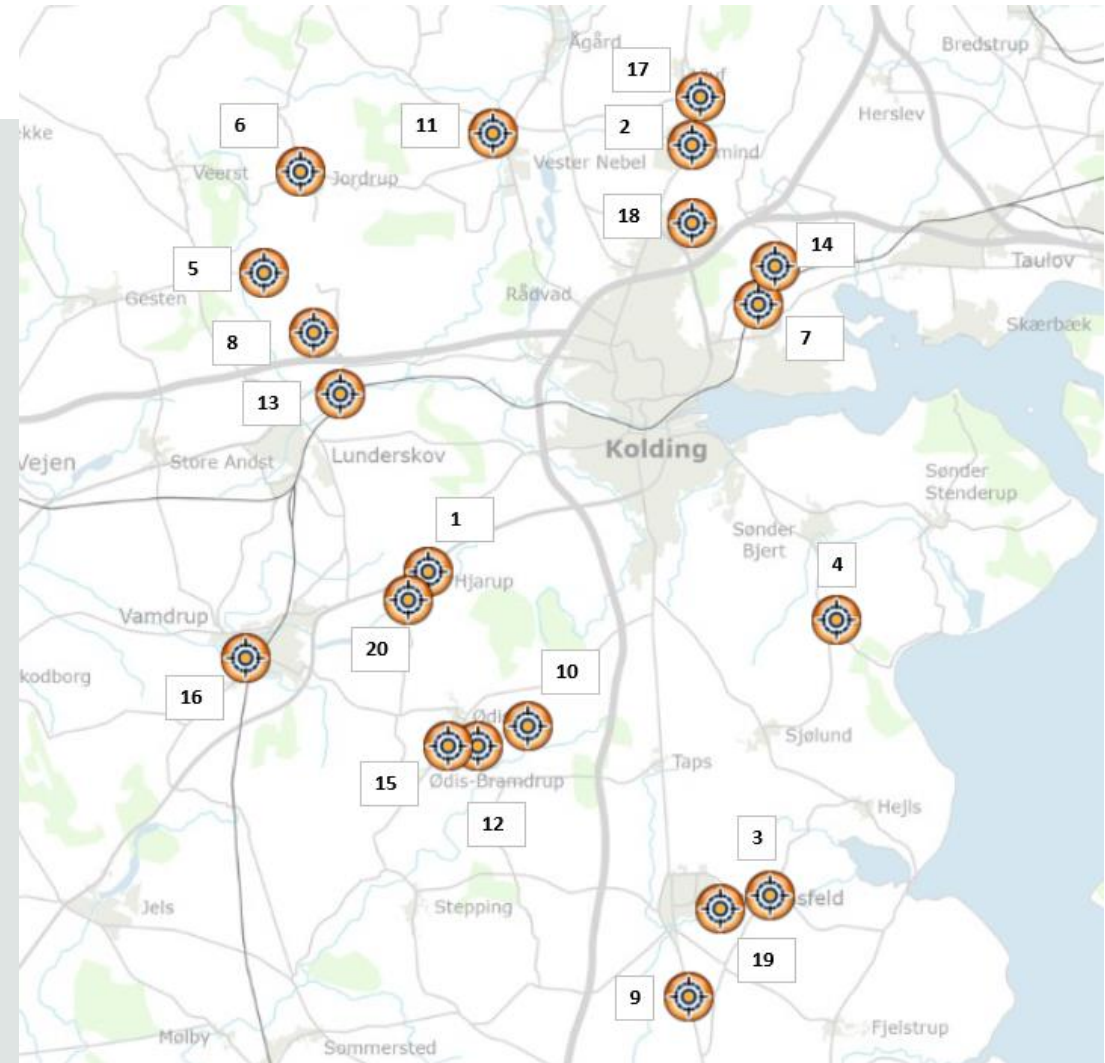
- Ikke umiddelbart effektiv; opstartstid på flere måneder (midler til forbedring?)

Driftserfaringer fra BlueKolding

Sigurd Matz Neergaard, BlueKolding

Overblik - 2024

- 20 offerrør
- Første fra 2013
- Nyeste fra 2022
- Meget forskellig belastning



Valg af placeringer

Hvis der lugt problemer

Hvis der er observeret synlige tæring i
gravitation/oppumpningsbrønd

Samt der har været en god lokation til røret.



Hvordan går det så med rørene?

- Godt 😊 set ude fra.
 - Lugt klager er forsvundet
 - Driften har ikke meget fokus da det jo er et rør!
-
- Opspring og Registrering af rørene
 - TV i 2023



Oversigt over rør

offer ledning nr.	by	Adresse	Anlagt år	Alder	Promille fald	indikator	Ø	længde	Start brønd	åbent dæksel	lukket dæksel	filter	Slut Brønd	åbent dæksel-	lukket dæksel-	filter-	opstrøms Belastning
AL-XX-01	Hjarup	Hjarup Byvej 39	2013	11	5,7	nej	300	53	WR1190G				WR1190Q			j	28 LPS
AL-XX-02	Viuf-Almind	Hovedvejen 15	2013	11	3,8	nej	600	53	X93310F		x	n	X93310A	x		j	PS-06-22
AL-XX-03	Christiansfeld	Kær Møllevej 2	2013	11	7,9	nej	300	53	ZJJ2100		x	n	ZJJ2600	x		j	54 LPS
AL-XX-04	Binderup	Tårnmosevej 2	2013	11	2,4	nej	600	55	X356B00		x	n	X356A00		x	n	PS-09-04
AL-XX-05	Lunderskov	Nørremarksvej 4A	2014	10	0,4	nej	600	56	YAE4404		x	n	YAE4403		x	n	PS-11-23
AL-XX-06	Jordrup	Knudsbølvej 9	2016	8	1,6	nej	600	55	YKA0409		x	n	YKA412	x		j	51LPS + 34LPS
AL-XX-07	Nr. Bjert	Sletteskovvej 12	2016	8	2,7	nej	600	55	MEA3B00	x		n	MEA2400		x	n	PS-05-13
AL-XX-08	lunderskov	Herredvejen 44	2016	8	7,7	nej	600	53	YAC4B00		x	n	YAC4C00				PA-11-04 + 19LPS
AL-XX-09	Christiansfeld	Seggelung Hovedvej 42	2017	7	3,3	(nej)	600	51	X422C00		x	n	X422A00		x	n	PS-13-13 + 94LPS
AL-XX-10	Ødis	Hjortvadvej 6	2017	7	2,5	(nej)	600	53	WSA0D00		x	n	WSA0E00	x		j	PS-12-30 + 13LPS
AL-XX-11	Vester Nebel	Vester Nebelvej 10	2017	7	1,6	(nej)	600	55	YZA090B	x		j	YZA090C		x	n	38 LPS
AL-XX-12	Ødis	Tapsvej 3A	2017	7	2	(nej)	600	45	X610B00		x	n	X610100	x		j	PA-12-09
AL-XX-13	Lunderskov	Rolles Møllevej 56	2017	7	4,4	(nej)	600	45	YAA7B00		x	n	YAA7E00	x		j	PA-11-03 + PA-11-02
AL-XX-14	Nr. Bjert	Birkemosevej 127	2018	6	1,6	(ja)	600	50	NIB020B	x		n	NIB020D	x		j	PS-05-23
AL-XX-15	Ødis	Steppingvej 18	2018	6	2,3	(ja)	600	53	WHE5000	x		n	WHE5100		x	n	PA-12-04
AL-XX-16	Vamdrup	Danmarksgade 21A	?	#####	8,1	(ja)	600	36	WM07000		x	j	WM07100		x	n	RA-11-01 mf
AL-XX-17	Viuf-Almind	Hauerballevej 19	2019	5	2,4	Ja 4stk	600	50	QAA8300		x	n	QAA8400	x		j	10 LPS
AL-XX-18	Lilballe	Lilballevej 140	2020	4	0,2	(ja)	600	53	X93311D		x	n	X93311C	x		j	PS-06-21
AL-XX-19	Christiansfeld	Torning Møllevej 11	2020	4	0,8	(ja)	600	36	ZJA6201		x	n	ZJA6000		x	n	27 LPS
AL-XX-20	Hjarup	Fløjbjergvej 45C	2022	2	2,5	Ja	600	53	WFA0C00	x		j	WFA0B00		x	n	27 LPS

Erfaringer efter TV

Der opbygges kager pga lavt promille fald



oppumpningsbrønd med stor kage



slutbrønd, også stor kage her
spildevand løber under kagen



røret har 7,9 o/oo fald

AL-XX-03 Kær Møllevej

Erfaringer efter TV

Der opbygges kager pga lavt promille fald



oppumpningsbrønd med stor kage



Slutbrønd, tegn på tærring

Aflejringer der ikke bliver skyllet væk. røret har 1,6 o/oo fald

AL-XX-11 Vester Nebel

Erfaringer efter TV

Der opbygges kager pga lavt promille fald



Aflejringer der ikke bliver skyllet væk. røret har 2,7 o/oo fald

Erfaringer efter TV

Svært at vurdere tilstanden uden indikatorer



AL-XX-03 Kær Møllevej



AL-XX-01 Hjarup Byvej

Det første rør

- Den værste tilstand?
det ser slemt ud
- MEN er tilstanden så
slem at røret skal
skiftes?
- Hvordan skal vi
vurdere dette uden
indikatorer...



2018 (5år) start af rør



2023 (10år) start af rør



2018 (5 år) 10m

2023 (10 år) 10m



2018 (5år) 20m

2023 (10år) 20m



2018 (5år) 30m



2023 (10år) 30m



2018 (5år) 45m

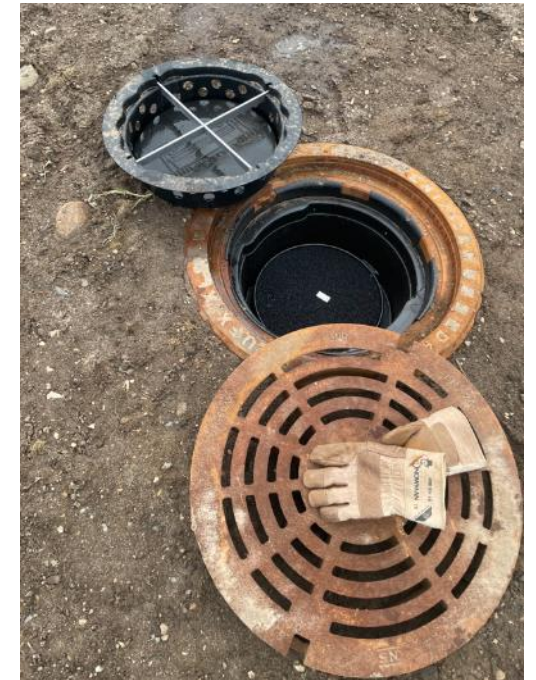


2023 (10år) 45m



Erfaring efter TV

- Der opbygges kager pga. det lave fald
 - Skal vi anlægge med større fald?
- Skal der spules?
 - Hvor ofte
- Åbent dæksel(motorvejsdæksel) Hybridfilter
 - Hvilke ende?
- Det er svært at vurdere tilstand uden indikatorer
- Etablering
 - Sikre at tv/spulebil kan komme til for inspektion
 - Sikre at det er muligt at udskifte rør



BlueKolding 



Estimering af levetid

Sigurd Matz Neergaard, BlueKolding

Asbjørn Haaning Nielsen, Aalborg Universitet BUILD

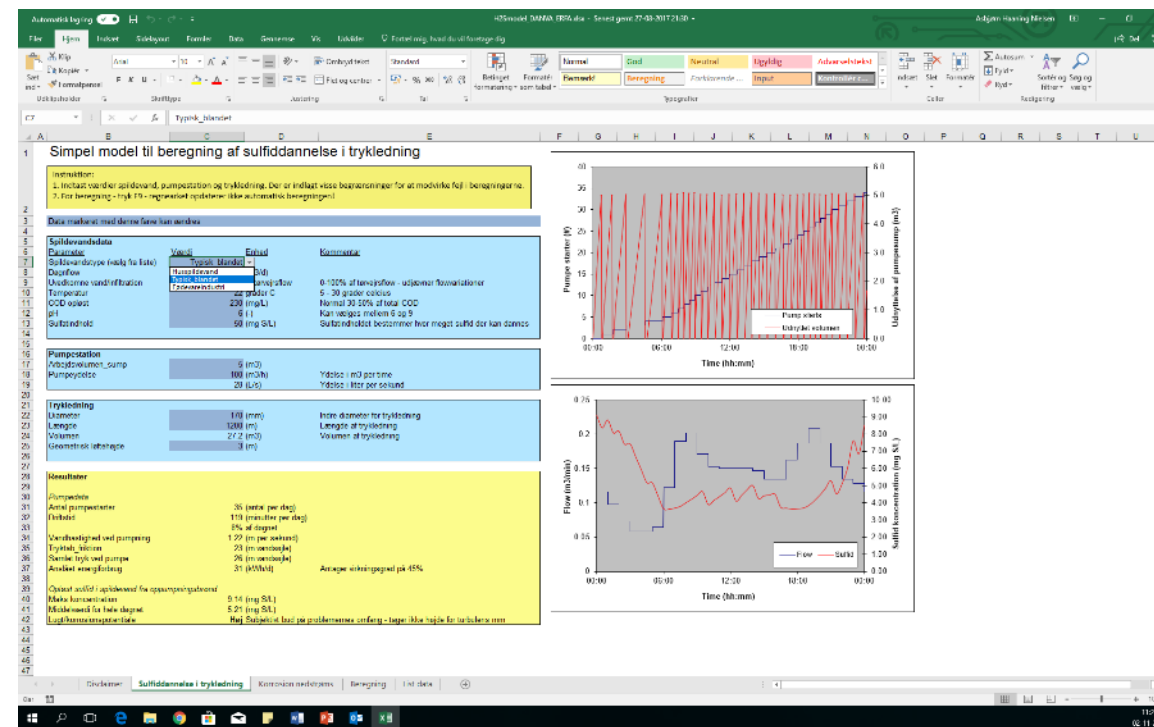
Simpel modelberegning

- ERFA gruppen "*Svovlbrinte i afløbssystemer*" under DANVA har udviklet et beregningsværktøj til estimering af svovlbrintedannelse i trykledninger
- Værktøjet kan også give et bud på korrosionshastigheder under veldefinerede forhold

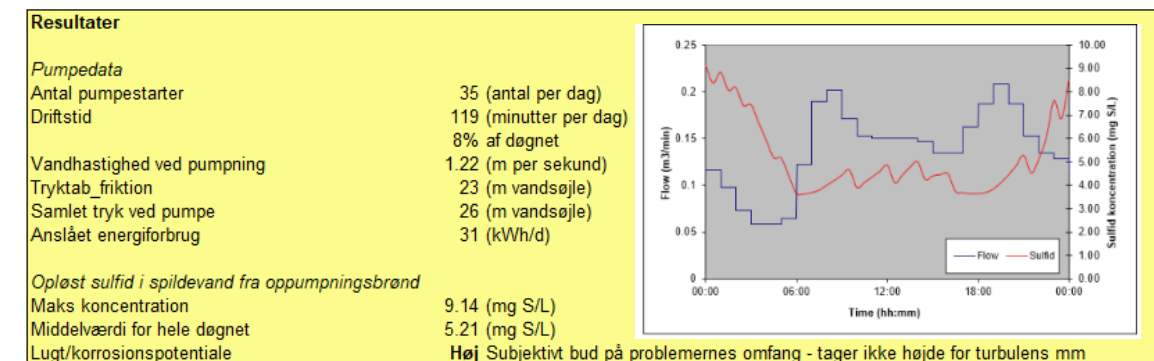
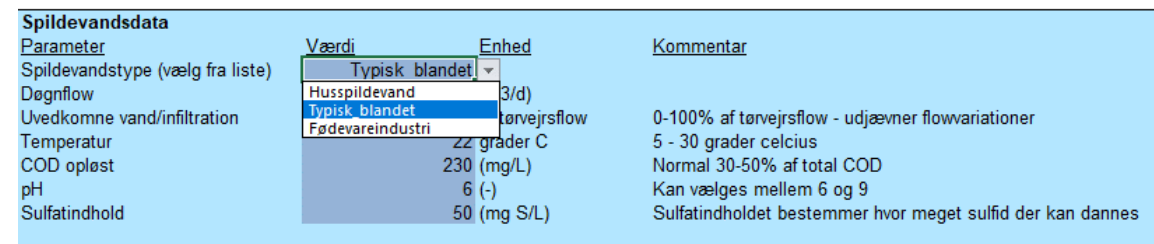


Beregningsprogram

- Excel-værktøj
 - Procesmodel for et simpelt ledningsnet: en trykledning + nedstrøms gravitations-ledning



- Beregner:
 - H₂S dannelse i trykledning
 - Pumpestarter
 - Energi til pumpning
 - Korrosion i nedstrøms ledning



AL-XX-01 Hjarup Byvej

Data markeret med denne farve kan ændres

Spildevandsdata			Kommentar
Parameter	Værdi	Enhed	
Spildevandstype (vælg fra liste)	Husspildevand	(-)	Angiver bioomsætteligheden af det organiske stof
Døgnflow	12	(m ³ /d)	
Temperatur	16	grader C	5 - 30 grader celcius Normal 30-50% af total COD Kan vælges mellem 6 og 9 Sulfatindholdet bestemmer hvor meget sulfid der kan dannes
COD opløst	230	(mg/L)	
pH	7.2	(-)	
Sulfatindhold	15	(mg S/L)	

Husspildevand fra 28
hustandspumper,
estimeret 6-12m³/d

Sulfatindhold værdi
taget fra vandprøve
fundet på nettet

Pumpestation		
Arbejdsvolumen_sump	1	(m ³)
Pumpeydelse	0.5	(m ³ /h)
	0	(L/s)

Trykledningens
længde og
gennemsnitlige
diameter

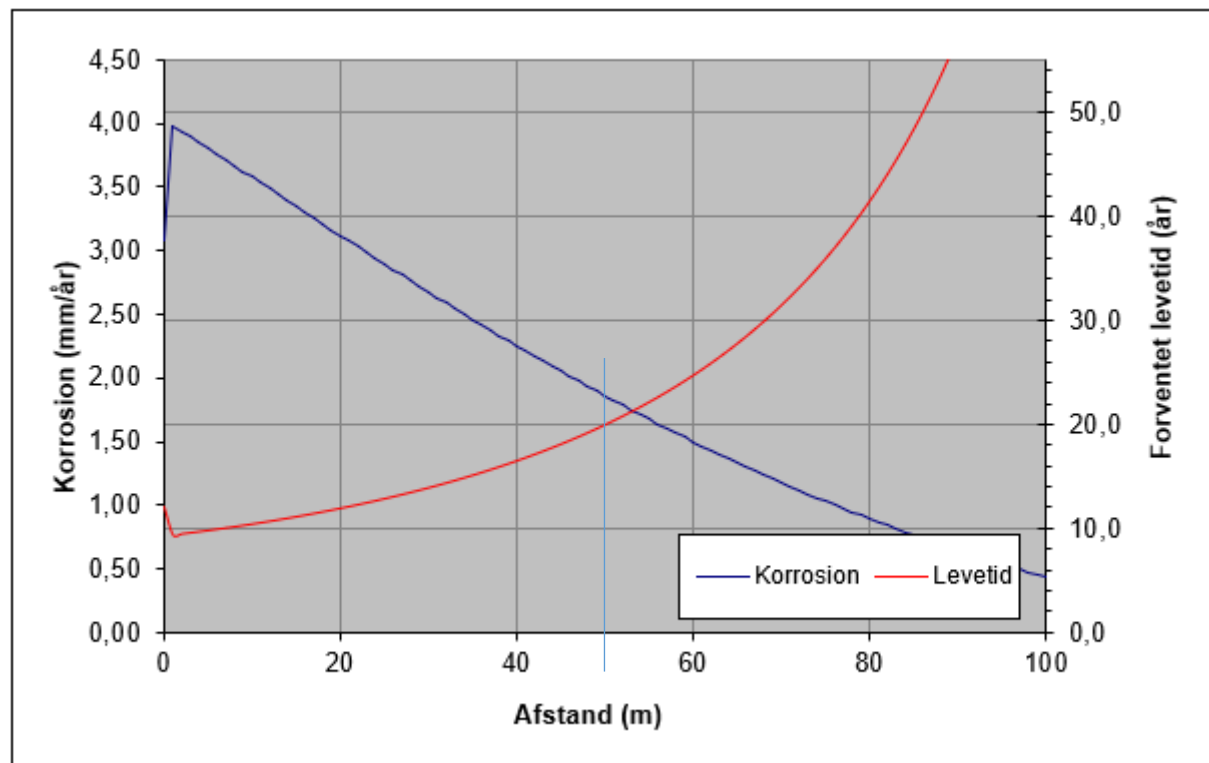
Trykledning		
Diameter	45	(mm)
Længde	4200	(m)
Volumen	6.7	(m ³)
Geometrisk løftehøjde	10	(m)
Start kote	-2.7	(m)

Oppumpning			
Parameter	Værdi	Enhed	Kommentar
Diameter		1 (m)	
Dybde		2 (m)	
Overfladeareal/volumen		4 (1/m)	

Nedstrøms ledning			
Rørdiameter	Offerledning 300	Ø (mm)	
Indre diameter		0,3 (m)	
Godstykkelse		74 (mm)	
Bundlinjegradiant	0,0057	(m/m)	Maks 10% og min 0.1%
Rørruhed	10	(mm)	Typisk 1 mm
Betonens alkalinitet	0,34	(g CaCO ₃ /g)	Kan vælges mellem 0 og 1. Typisk værdi for portland-cement baseret beton er 0.2. Særlige typer offerbeton med højt kalkindhold kan have en værdi på op til 1.
Tilladt reduktion af godstykkelse	50%		

Her vælges
 Offerledning 300 Ø
 Hældningen og ruhed
 Alkaliniteten fås af
 producenten
 her er det 0,34g

Resultat, beregnet levetid er 10-20år



2018 (5 år) 10m

2023 (10 år) 10m



Modelestimat af korrosionshastighed

- Reaktionsligning: $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \text{ (cement)} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CaSO}_4 \text{ (gips)}$
32 g S reagerer 100 g CaCO_3 :

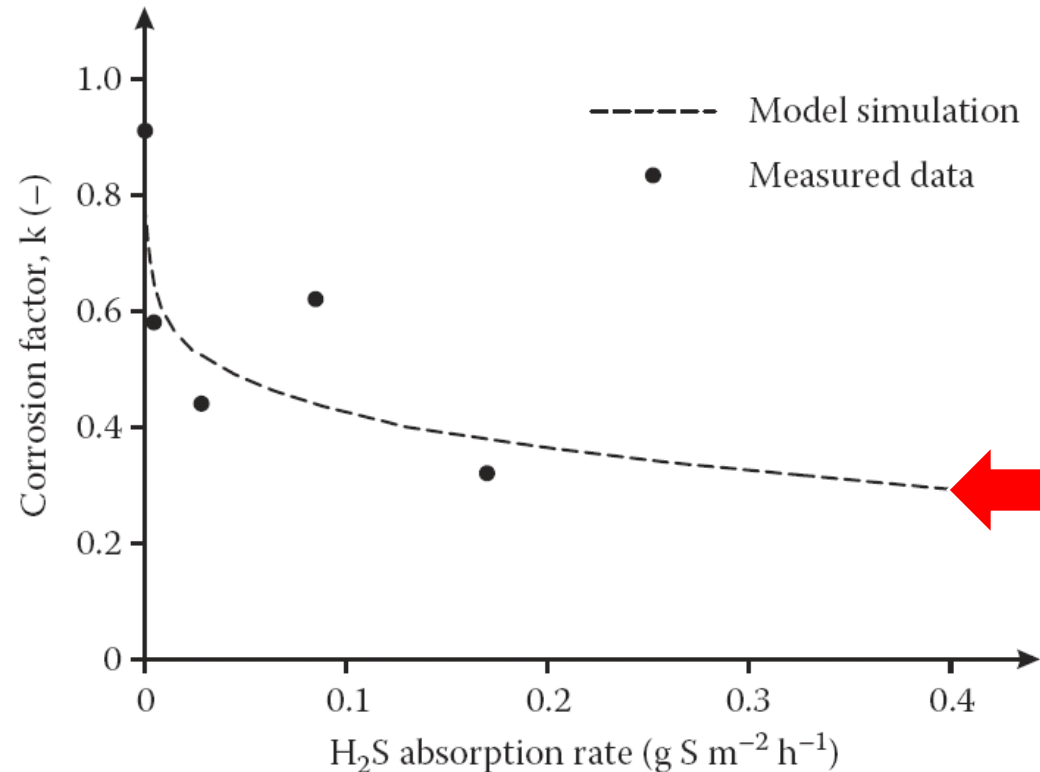
$$r_{\text{corr}} = k \frac{100 f}{32 A}$$

Hvor,

- r_{corr} er korrosionsraten ($\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)
- k er en korrektionsfaktor, 0.3-1 (-)
- f er raten for H_2S adsorption på betonen ($\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$)
- A er betonens alkalinitet ($\text{g CaCO}_3/\text{g concrete}$)



Experimentiel bestemmelse af k





Målinger har vist at kun en mindre del af svovlbrinten giver korrosion, når belastningen er meget høj (som det bl.a. er tilfældet i dette tilfælde)

Ved høje belastninger er det cirka 30% af svovlbrinten som giver anledning til korrosion

FIGURE 6.7 Correction factor, k , for prediction of concrete corrosion rate, c , versus rate of hydrogen sulfide absorption at the moist concrete surface in a sewer.

Nyt offerrør, huskeliste

BlueKolding 

- Tærringsindikator er et must
- Ved installation skal man være OBS på at røret drejes korrekt ifht. tærringsindikator
- Registrer placering af indikator i rørlængden
- Sikre en god placering ifht. Tv+spuling
- Sikre en god placering ifht. Udskiftning
- Lavt fald = lang opholdstid  + risiko for opbyggelse af kager (dårlig selvrensning) 
- Registrer i driftsdatabase, lav plan for tilsyn/tv

