

Svovlbrinte i Aalborg – forebyggelse af korrosion i kloaksystemet

Afsnitsleder Helle Strandbæk, Kloakforsyningen, Aalborg Kommune



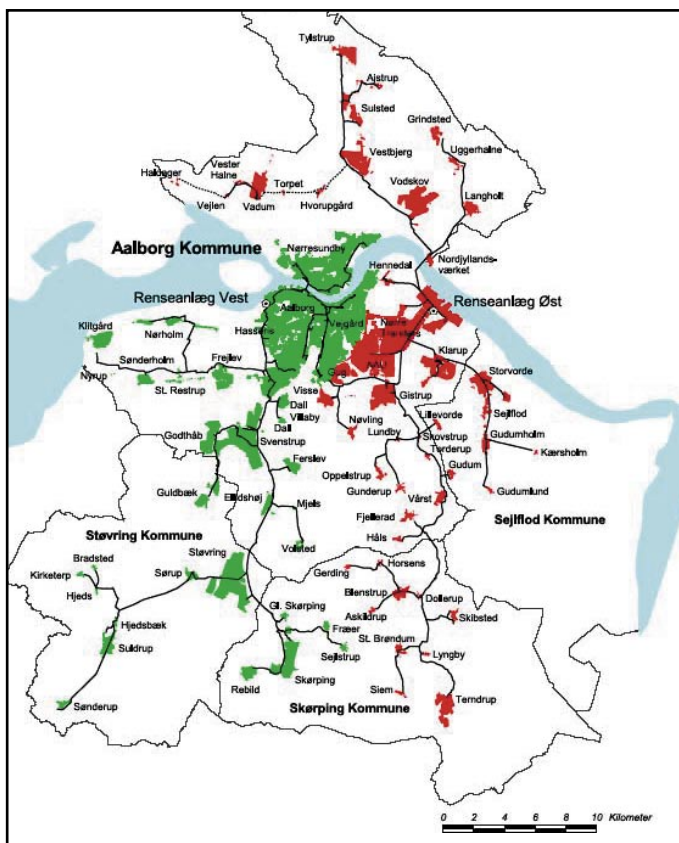
Helle Strandbæk.

Svovlbrinte i kloakken – nej ikke hos os! Sådan tænkte vi i 1980'erne – ja, faktisk indtil vi fik borgerhenvendelser om lugtgener fra kloakken og så korrosion i kloaksystemet via de systematiske TV-inspektioner i begyndelsen af 1990'erne. Vi begyndte at spekulere på, om der mon også kunne forekomme korrosion andre steder i vores kloaksystem. Med en forventet levetid på 100 år for kloaksystemet – så var det nok værd at se lidt nærmere på.

Aalborgs hovedkloak – kort fortalt

I Aalborg Kommune er hovedkloaksystemet – uden stikledninger – på knap 2000 km. Foruden spildevandet fra Aalborg Kommune modtager vi spildevand gennem hovedkloaksystemet fra nabokommunerne Sejfflod, Skørping og Støvring til rensning på hhv. Renseanlæg Vest (330.000 PE) og Renseanlæg Øst (100.000 PE).

Fra den sydligste del til den nordligste del af kloakoplandet er der ca. 40 km. Spildevandet er derfor lang tid undervejs i kloaksystemet. Særligt i tørvejr



Figur 1: Kloakopland til Renseanlæg Vest og Renseanlæg Øst

kan opholdstiden i kloaksystemet let komme op på mere end 1 døgn.

Spildevandet ledes til renselanlæggen ved hhv. pumpning og gravitation. I Aalborg Kommune har vi godt 100 pumpestationer. Spildevandet fra de tre nabokommuner ledes via deres pumpestationer til kloaksystemet i Aalborg Kommune.

Fokus rettes mod korrosion og lugtgener

I starten af 1990'erne fik vi en klage fra en borger over lugtgener i sit hus. Svovlbrinte fra kloaksystemet trængte gennem vandlåsen og ind i huset. Vi fik afhjulpnet genen ved midlertidigt at reducere opholdstiden i kloaksystemet ved at komme

vand i systemet. Denne løsning var naturligvis ikke holdbar i længden. Senere blev kloaksystemet i området ændret, hvilket afhjalp lugtgenerne.

Samtidig lavede vi TV-inspektioner af kloaksystemet flere steder i kommunen. TV-inspektionerne viste delvis

nedbrydning af nogle af kloakrørene. Et sted måtte vi udskifte 700 meter gravitationsledning på en afskærende hovedledning som følge af markant korrosion.

Derfor valgte vi at rette fokus mod dels svovlbrinte-gassen, der givet var hovedårsagen til korrosionen af kloaksystemet, og dels hvordan vi kunne forebygge og bekæmpe svovlbrintedannelsen i kloaksystemet. Hertil ville vi bl.a. anvende henvendelserne fra borgere og vores eget driftspersonale om lugtgener fra kloaksystemet mere systematisk.

Hvad er svovlbrinte?

Svovlbrinte er en farveløs, brændbar og meget giftig luftart, der er meget opløselig i vand. Selv små koncentrationer af svovlbrinte kan lugtes og lugter af rådne æg eller rådnet tang. Koncentrationen af svovlbrinte kan ikke bestemmes ud fra lugten.

Svovlbrinte er meget sundhedsskadelig. Hvis du pludselig udsættes for lidt større koncentrationer af svovlbrinte vil den bedøve hjernen, du besvimer og risikerer at dø af det, hvis du ikke straks bliver hjulpet væk. Hvis du udsættes for



Billede 1: Eksempel på korrosion i øvre del af kloakrør samt rørskal fra toppen af en korroderet Ø400 betonledning.

Fakta om svovlbrintens påvirkning af mennesker	
Svovlbrinteindhold i luftfase - målt som ppm	
0,002-0,2	Lugtgrænse
10	Hygiejnisk grænseværdi for en arbejdsdag
50-100	Alvorlig synspåvirkning
150-250	Lammelse af lugtesansen
300-500	Livsfarlig væskeansamling i lungerne
500-1000	Stærk påvirkning af centralnervesystemet
>1000	Umiddelbar respirationsstop og død

svovlbrinte, kan det på længere sigt medvirke til udvikling af demens.

Du kan ikke altid være sikker på, hvor meget svovlbrinte der er tilstede. Hvis du rører op i f.eks. slam og spildevand, kan koncentrationen af svovlbrinte pludselig stige meget. Der kan også pludselig komme gasser i kloakken – svovlbrinte eller andet. Derfor er det meget vigtigt – altid - at gå med en godkendt gasdetektor. Pas på dig selv!

Svovlbrinte dannes af bakterier ved at omsætte sulfat. Dette foregår dog først, når der ikke er ilt eller nitrat tilstede. Så længe der er ilt eller nitrat tilstede vil andre bakterier anvende dette i omsætningen af organisk stof.

Ilt og sulfat findes i spildevandet. Koncentrationen heraf vil være afgørende for, hvilke typer bakterier, der er mest aktive. Så længe der er ilt til-

ede, vil de aerobe bakterier dominere. Iltten opbruges dog hurtigt i spildevandet, der ofte er lang tid undervejs i kloaksystemet. Nitrat findes i mindre omfang i spildevandet og vil normalt også blive opbrugt hurtigt, og der vil opstå anaerobe forhold i spildevandet – septiske forhold – hvor svovlbrintedannelsen vil finde sted.

Fakta om betydende faktorer for dannelsen af svovlbrinte

- anaerobe forhold og opholdstid
- sulfat
- organisk stof (lettere omsætteligt)
- biofilmtykkelse og -aktivitet
- temperatur (10 °C medfører fordobling)
- vandhastighed (afrivning af biofilm)
- rørets areal/volumen forhold

Fakta om nedbrydning af organisk materiale

Aerobt (ilt tilstede):

org. stof → aerobe bakterier → CO₂ + H₂O

Anoxisk (nitrat tilstede):

org. stof → denitrificerende bakterier → CO₂ + N₂

Anaerobt (ingen ilt/nitrat tilstede):

org. stof → fermentative bakterier → CO₂ + acetat, organiske syrer, alkoholer → Acetat mv. + sulfat → sulfatreducerende bakterier → CO₂ + H₂S



Billede 2: Korrosion i betonbrønd

Svovlbrinte i spildevandet vil altid forsøge at skabe ligevægt imellem koncentrationen i spildevandet og koncentrationen i luften over vandoverfladen i kloakken. Når spildevandets pH er 7, vil en svovlbrintekonzentration på 0,1 mg/l i vandfasen svare til 10 ppm i luftfasen ved ligevægt mellem vand- og luftfase. Selv ved denne koncentration vil betonrør- og -brønde samt metaldæksler og installationer blive korroderet.

Fakta om korrosion

Korrosion forekommer ved koncentration > 0,1 mg/l i vandfase eller 10 ppm i luftfase ved ligevægt

Betonkorrosion: I iltholdigt, fugtigt miljø omdanner bakterier sulfid til svovlsyre => cement omdannes til gips

Metalkorrosion: Enten sulfid eller dannet svovlsyre => tungtopløseligt sulfid

Svovlbrintegruppen

I 1993 begyndte vi at måle svovlbrinte i de oppumpningsstationer i kloaksystemet, hvor vi havde registreret tæring og/eller lugt af svovlbrinte. Inden længe erfarede vi, at svovlbrinte blev dannet flere steder i vores kloaksystem, hvor opholdstiden var forholdsvis kort – helt ned til få timers opholdstid. Tidligere mente man, at spildevandet skulle opholde sig under iltfrie forhold i kloaksystemet i mindst 1 døgn, før der ville opstå væsentlig svovlbrintedannelse.

På den baggrund valgte vi at gøre en systematisk indsats mod svovlbrinten. Vi nedsatte derfor en gruppe – svovlbrintegruppen - bestående af driftspersonale, laboranter og ingeniører. Svovlbrintegruppens opgaver var primært at:

- Reducere – eller hvis muligt, fjerne - svovlbrintedannelsen de steder, hvor der var observeret korrosion og/eller lugtgener
- Forebygge/reducere risikoen for svovlbrintedannelsen i forbindelse med projektering af nye afskærende ledninger
- Kortlægge omfanget af svovlbrintedannelsen i vores kloaksystem

- Sætte fokus på afledningen fra virksomheder o.a. til kloaksystemet
- Opsamle vores erfaringer og dokumentere løsninger til at forebygge/reducere svovlbrintedannelsen

Erfaring med måleudstyr

For at kortlægge omfanget af og udviklingen i svovlbrintedannelsen valgte vi at anskaffe udstyr i 1993 til kontinuert måling af svovlbrintekonzentrationen. Det var således ikke nok for os at tage enkelte prøver af spildevandet og bestemme koncentrationen i vandfasen – ej heller alene at anvende gasdetektorer, der anvendes til sikring af arbejdsmiljøet.

Vi startede med målere, hvor dataloggere og batteri var i en stor og tung kasse, der ikke var speciel håndterbar. I anden halvdel af 1990'erne anskaffede vi nye målere og dataloggere, som vi installerede i en mere håndterbar kasse på ca. 30*45*20 cm. Måleresultaterne fra begge typer af svovlbrintemålere kunne hentes ind i regneark til videre behandling.

Heldigvis udvikles svovlbrintemålere også – så nu anvender vi ODALOG målere, der er ganske små (450 gram) og håndterbare – langt lettere og mere arbejdsmiljøvenlige end de forrige vi havde.

Uanset hvilke målere, vi har anvendt, er der samme erfaring med hensyn til "hvileperioder". Målerne kan ikke holde til at være udsat for et fugtigt miljø i længere tid. Den nuværende måler vi anvender skal være oppe og indenfor i tørvejr ligeså lang tid, som den er nede i det fugtige miljø i målebrønden.

Vi hænger måleren op i brønde, hvor vi måler i luftfasen. Vi kan logge op til

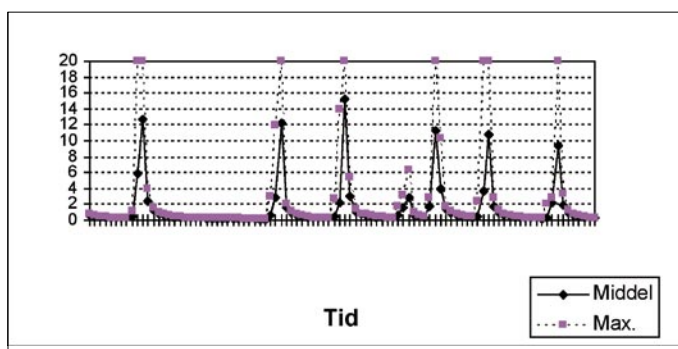


Billede 3: Nuværende måleudstyr hhv. monteret i brønd og ved dataoverførsel

32.000 målinger; dvs. hvis vi vælger at logge måleresultater hvert minut – så kan vi have 3 ugers måleresultater i måleren, inden vi tømmer måleren. Vi måler i området fra 0-200 ppm – men måleren kan måle langt højere koncentrationer. Batterierne holder i op til 6 måneder.

Langt de fleste steder, vi måler, er i brønde efter trykledninger. Måleresultaterne viser, hvordan pumpestop og –start bevirker variation i svovlbrintekonzentrationen. Når spildevandet står stille i trykledningen er svovlbrintekonzentrationen lille i oppumpningsbrønden, og når spildevandet sættes i bevægelse – når pumpen starter – øges svovlbrintekonzentrationen i oppumpningsbrønden. Den kontinuerte måling afslører dette; hvorimod stikprøver af spildevandet kan vise et forkert billede af svovlbrintekonzentrationen – alt afhængig af hvornår prøven udtages i forhold til spildevandets bevægelse igennem trykledningen.

Også nedbør kan medvirke



Figur 2: Eksempel på svovlbrintekonzentrationsmåling i luftfase.

til at give et forkert billede af svovlbrintedannelsen. Hvis målingerne udføres i en regnvejrperiode i et fælleskloakeret system er spildevandet tyndere end i tørvejr. Herved bliver svovlbrintedannelsen reduceret. Målingerne bør også udføres i tørvejr for at få et indtryk af hvor stor en risiko, der er for korrosion som følge af svovlbrintedannelsen.

Kortlægning og måleresultater

Til kortlægning af svovlbrintedannelsen i kloaksystemet anvender vi:

- driftspersonalets observationer af lugt, spildevandskvalitet samt pumpestationers, brøndes og ledningers tilstand samt TV-inspektioner
- evt. henvendelser fra borgere om lugtgener
- teoretisk risikovurdering ud fra gennemgang af samtlige trykledningers dimensioner samt spildevandets maksimale opholdstid i trykledningerne
- resultater fra svovlbrintemålinger

Igennem årene har vi målt svovlbrinte i ca. 50 brønde. Flere af stederne har vi målt flere gange igennem årene for at følge udviklingen og/eller effekten af tiltag til reduktion af svovlbrintedannelsen.

Vi måler primært i sommerhalvåret, hvor de biologiske omsætninger er størst som følge af den højere temperatur. Langt de fleste steder har vi målt svovlbrintekonzentrationer mellem 0-200 ppm. Et enkelt sted har vi målt helt op til 1000 ppm.

Svovlbrintedannelsen afhænger af de lokale forhold som nævnt under betydende faktorer for svovlbrintedannelsen. Derfor er det ikke tilstrækkeligt alene at se på f.eks. opholdstiden i trykledningen. Eksempelvis har vi registreret høje svovlbrintekonzentrationer og væsentlig korrosion i en nedstrøms kloakledning, hvor spildevandets maksimale opholdstid i trykledningen var 4 timer. Nogle steder har vi målt svovlbrintedannelse efter trykledning, hvor opholdstiden er ned til 1 time. Andre steder måler vi ikke svovlbrintedannelse, selv om opholdstiden er 7 timer.

Spildevand med høje svovlbrintekonzentrationer kan i øvrigt blive tilledt kloaksystemet fra industrien, private kloaksystemer, samarbejdskommuners kloaksystemer mv. Vi søger at reducere denne risiko ved at stille krav i tilslutningsstilladelser og være i dialog med såvel virksomhederne og samarbejdskommunerne.

Tiltag til reduktion af svovlbrintedannelse

Vi har valgt at lave tiltag til reduktion af svovlbrinte i kloaksystemet, hvor koncentrationen bevirker korrosion af systemet, og hvor vi ikke planlægger at ombygge systemet indenfor overskuelig fremtid.

Vi har fravalgt dosering med kemikalier til fældning af svovlbrinte for at undgå udfældninger og belægninger i kloaksystemet som følge af doseringen. I stedet har vi valgt løsninger som:

- Lufttilsætning
- Nitrattilsætning
- Rensning med "gris"

Eksempel på lufttilsætning

I en pumpestation tilsættes luft vha. kompressor i starten af en trykledning på Ø315. Trykledningen er 2.200 meter og spildevandets maksimale opholdstid er 7 timer. Luften tilsættes i 10 minutter efter hver pumpning. Resultatet af lufttilsætningen er følgende:

- Niveau uden lufttilsætning: op til 200 ppm
- Niveau med lufttilsætning: op til 100 ppm
- Fastlagt procedure: lufttilsætning og rensegris 1 gang pr. måned for at afribe biofilmen i trykledningen og derved reducere svovlbrintekonzentrationen til ned under 10 ppm.

På andre strækninger er lufttilsætning tilstrækkelig til at reducere svovlbrintekonzentrationen til nær nul.

Eksempel på nitrattilsætning

I to pumpestationer nord for Limfjorden tilsætter vi nitrat for at reducere svovlbrintedannelsen. Spildevandet ledes gennem trykledning på bunden af Limfjorden og videre i gravitationsledning af beton syd for Limfjorden mod Renseanlæg Øst (se evt. figur 1). En doseringsstrategi, der korrigerer for temperatur, spildevandssammensætning og flow, fastlægger den optimale nitratdosering. Evt. overdosering af nitrat vil medføre, at Renseanlæg Øst skal rense spildevandet for resten af nitrat. Evt. underdosering øger korrosionen af gravitationsledningen. Spildevandet ledes gennem trykledninger på Ø600 og Ø500 over

en strækning på 5.340 m. Opholdstiden er ca. 11 timer. Resultatet af nitrattilsætningen er følgende:

- Niveau før tiltag: op til 130 ppm
- Niveau efter tiltag: 0-10 ppm
- Driftsudgift: ca. 100.000 kr./år

Ved dosering med kemikalier er det vigtigt, at være opmærksom på produktets aktive indhold. Det er vigtigt i relation til optimering af tiltagene. Stil krav til leverandøren for at sikre kvaliteten af produktet.

Eksempel på rensning med "gris"



Et mindre renseanlæg blev nedlagt. Pumpestationen på det tidligere renseanlæg blev anvendt til at flytte spildevandet via ny trykledning med efterfølgende gravitation til det afskærende kloaksystem. Trykledningen er en 4.070 meter lang Ø90. Opholdstiden er ca. 16 timer. Trykledningen havde været i drift 1 år, før affyrringsrampe til rensegris blev taget i brug. Resultatet af rensningen (hvor biofilmen i trykledningen afriberes) var følgende:

- Niveau før rensning: > 20 ppm
- Niveau efter rensning: 0-6 ppm
- Øget pumpeflow fra 17 til 20 m³/minut
- Niveau efter 2,5 måned uden rensning: 4-10 ppm

- Fastlagt procedure: 1 rensning pr. måned

Forebyggelse ved nye projekter

Når nye områder skal tilsluttes kloaksystemet eller der skal foretages sanering og optimering i kloaksystemet tages de erfaringer, vi har i svovlbrintegruppen, med i planlægningen, projekteringen og budgetlægningen. For at skærpe opmærksomheden omkring risikoen for svovlbrintedannelse i nye projekter er dette endvidere indarbejdet i en overordnet projekthåndbog, som de projekterende anvender i kloakprojekter. Endvidere sætter svovlbrintegruppen løbende fokus på potentielle risikoprojekter for at medvirke til optimale løsninger.

Opsamling af erfaringer og gode råd

Vi har nu opsamlet godt 10 års erfaringer og resultater, som vi løbende har anvendt og fortsat anvender til at reducere svovlbrintedannelsen. En væsentlig erfaring er, at det mest optimale tiltag afhænger helt af de lokale forhold. Et godt tiltag et sted er nødvendigvis ikke det rette tiltag et andet sted.

På DANVA's hjemmeside kan du finde "10 gode råd" til forebyggelse af svovlbrintedannelse, som svovlbrintegruppen har udfærdiget. Herudover får du følgende kommentar med:

- Pas på dig selv, når du arbejder med spildevand – brug værnemidler og gasdetektor
- Anvend måleudstyr til kontinuerligt måling – for at danne et overblik over omfanget
- Udnyt måleresultaterne og viden om dimensioner mv. til at lave den løsning som passer netop på den lokalitet, som du arbejder med – den optimale løsning er afhængig af de lokale forhold
- Forebyg ved nye projekter. (Søg at lave mest mulig gravitation og overvej evt. at

lave en ekstra pumpestation for at reducere spildevandets opholdstid i trykledningen og dermed risikoen for svovlbrinte. Lav oppumpningsbrønden langt fra beboelse.)

Husk at processerne, der foregår i kloaksystemet er skjult - indtil de en dag måske medfører, at ledningen bryder sammen. Kunsten er at finde de potentielle problemstrækninger i tide og efterfølgende udføre tiltag til at forlænge levetiden for ledningen.

