

Kalundborg Forsyning

Bromat projekt, Arbejdspakke 5:

Kortlægning af bromid

7. juli 2022

Udarbejdet til:
Kalundborg Forsyning

Udarbejdet af:
EnviDan A/S
Per Nobel
E-mail: pno@envidan.dk
Direkte tlf.: 2981 5738
Projekt navn: Kortlægning af bromid
Projektnr.: 1212526-05
Kvalitetssikring: Jacob Kragh Andersen
Side 1 af 8

EnviDan

Indholdsfortegnelse

1. Baggrund	3
2. Formål	3
3. Metode	3
3.1 Geografisk placering af udvalgte renselanlæg	4
3.2 Prøvetagning	4
3.3 Deltagere	4
4. Resultater	4
4.1 Bromid	5
4.2 Klorid	6
4.3 Risikovurdering af bromat	6
5. Perspektivering	6
6. Konklusioner	8

1. Baggrund

De negative miljøpåvirkninger fra udledning af spildevand med indhold af mikroforureninger, herunder lægemiddelrester, har fået øget bevågenhed de seneste år og derfor er der stort fokus på avancerede metoder til efterbehandling af spildevand. Ozonering er pt. en af de mest kost-effektive metoder til reduktion af disse mikroforureninger i spildevand. En af udfordringerne med ozonering er at den kraftige oxidation skaber andre transformationsprodukter, som ligeledes kan være problematiske for vandmiljøet. Et af disse transformationsprodukter er bromat. Bromat oxideres fra bromid og det er et giftigt og kræftfremkaldende stof. Der er stort fokus på at undgå denne bromatdannelse eller alternativt at reducere bromat efter dannelsen. Hvis dette kan lade sig gøre, vil det øge den miljømæssige performance af ozonering betragteligt.

Potentialet til bromatdannelse ligger i indløbskoncentrationen af bromid. Derfor er det af interesse at undersøge bromidkoncentrationerne i tilløbet til de danske renseanlæg, for at kunne konkludere om potentiel bromatdannelse kan udgøre en forhindring for implementering af ozoneringsteknologi i Danmark. Bromid i spildevandet kan stamme fra f.eks. indtrængning af havvand, industriel tilledning, afstrømning fra vejsaltning eller blot fra grundvandet.

De Schweiziske myndigheder har opstillet nogle kriterier for indhold af bromid i spildevand ifm. ozonering:

<100 µg Br⁻/l: ikke mærkbar (her forventes ikke udfordringer med bromatdannelse ved ozonering)

100-400 µg Br⁻/l: uklar (her er det uklart om der vil opstå udfordringer med bromatdannelse ved ozonering)

>400 µg Br⁻/l: mærkbar (her anbefales det at reducere bromidtilledning til anlægget, eller at reducere den producerede bromat)

Dette notat er en afrapportering af Arbejdspakke 5 i projektet: "Demonstration af metoder til reduktion af bromat produceret ved ozonering af spildevand med henblik på reduktion af miljøfremmede stoffer", som er et projekt som er del-finansieret igennem VUDP. Projektpartnerne er, udover Kalundborg Forsyning som projektleder, Aarhus Vand, Hillerød Forsyning, NanoNord, DHI, EnviDan og Jes la Cour Jansen.

Der er foretaget en risikovurdering af bromat i Arbejdspakke 3 i dette projekt. Resultaterne bliver kort beskrevet i Afsnit 4. Resultaterne i Arbejdspakke 3 er blevet til i samarbejde med forsynings-selskabet VA SYD i det sydlige Sverige.

2. Formål

Formålet med Arbejdspakke 5 var at kortlægge indløbskoncentrationer af bromid til renseanlæg i Danmark. En sådan bromidkortlægning skal give indblik i den forventede udstrækning af udfordringer med bromatdannelse ifm. ozonering på danske renseanlæg.

Udover bromidkoncentrationerne blev også kloridkoncentrationerne målt af mange af de deltagende forsyninger. Dette havde til formål at undersøge om der var en korrelation imellem klorid og bromid. Ved en tydelig relation kan klorid eventuelt anvendes som indikator for bromidniveauet.

3. Metode

EnviDan har anvendt en kvalitative metode til indsamling af information ved gennemførelse af semi-strukturerede interviews og efterfølgende udsendelse og opfølgning på spørgeskemaer. I den forbindelse har EnviDan gjort brug af sit netværk af kunder i forsyningerne i hele Danmark. Forsyningerne er blevet kontaktet telefonisk og per e-mail, hvor de er blevet præsenteret for baggrunden og

formålet med projektet. 24 forsyninger har valgt frivilligt og for egen regning at støtte projektet med analysedata af bromid (og klorid)-koncentrationer i tilløbet.

Alle forsyninger er blevet spurgt om deres data efterfølgende på publiceres, hvilket alle forsyninger har accepteret.

3.1 Geografisk placering af udvalgte renseanlæg

Med hensyn til prøveudtag til bromid- og kloridanalyser, har forsyningerne typisk i samråd med EnviDan valgt at prioritere de centrale renseanlæg, da implementering af ozoneringsteknologi vil være mere relevant her, grundet stordriftsfordelene. Videre har man prioriteret kystnære anlæg, som er interessante med henblik på havvandsindtrængning til kloakkerne, som forventeligt vil påvirke bromid(-og klorid)koncentrationerne i indløbet og dermed bromatdannelsespotentialet ved ozonering. Flere forsyninger har dog også bidraget med analyser fra mindre renseanlæg samt fra anlæg inde i landet, for at bekræfte hypotesen om relationen mellem kystnære placeringer og høj bromidkoncentration i indløbet. Men også for at illustrere andre eventuelle bromidkilder, ligesom industrielle tillædninger eller fx blot baggrunds niveauet i forsyningsvandet (stammende fra grundvandet).

3.2 Prøvetagning

Efter EnviDans ønske har forsyningerne, i forbindelse med det normale prøveopsamlingsprogram, analyseret døgnprøver for såvel bromid som klorid hos akkrediteret analyselaboratorier. Grundet prisen for bromidanalyserne har forsyningerne været nødt til at begrænse antallet af analyser. Typisk har forsyningerne, efter aftale med EnviDan, arrangeret akkrediterede analyser af henholdsvis bromid og klorid, ved forskellige tidspunkter i sommerperioden 2021.

På denne måde har også forholdet mellem klorid og bromid i tilløbet kunnet fastlægges, hvilket giver mulighed for at undersøge korrelationen mellem de to stoffer og en indikation af graden af havvandsindtrængning. Hvis høje bromidkoncentrationer kan relateres til kloridindholdet, kan man fremover bruge kloridanalyser, eller blot udføre målinger af ledningsevne, til at fastlægge risiko for havvandsindtrængning og dermed forøgede bromidkoncentrationer i tilløbet.

Ved nogle forsyninger, hvor anlæggene ligger langt fra kysten og der ikke har været mistanke om andre tillædningskilder (fx industrielle), er blot udtaget en enkel prøve, for at bekræfte baggrunds niveauet i spildevandet.

3.3 Deltagere

24 forsyninger har deltaget i undersøgelsen og der foreligger bromiddata fra i alt 53 renseanlæg. Dette må betragtes som en meget tilfredsstillende deltagelse.

4. Resultater

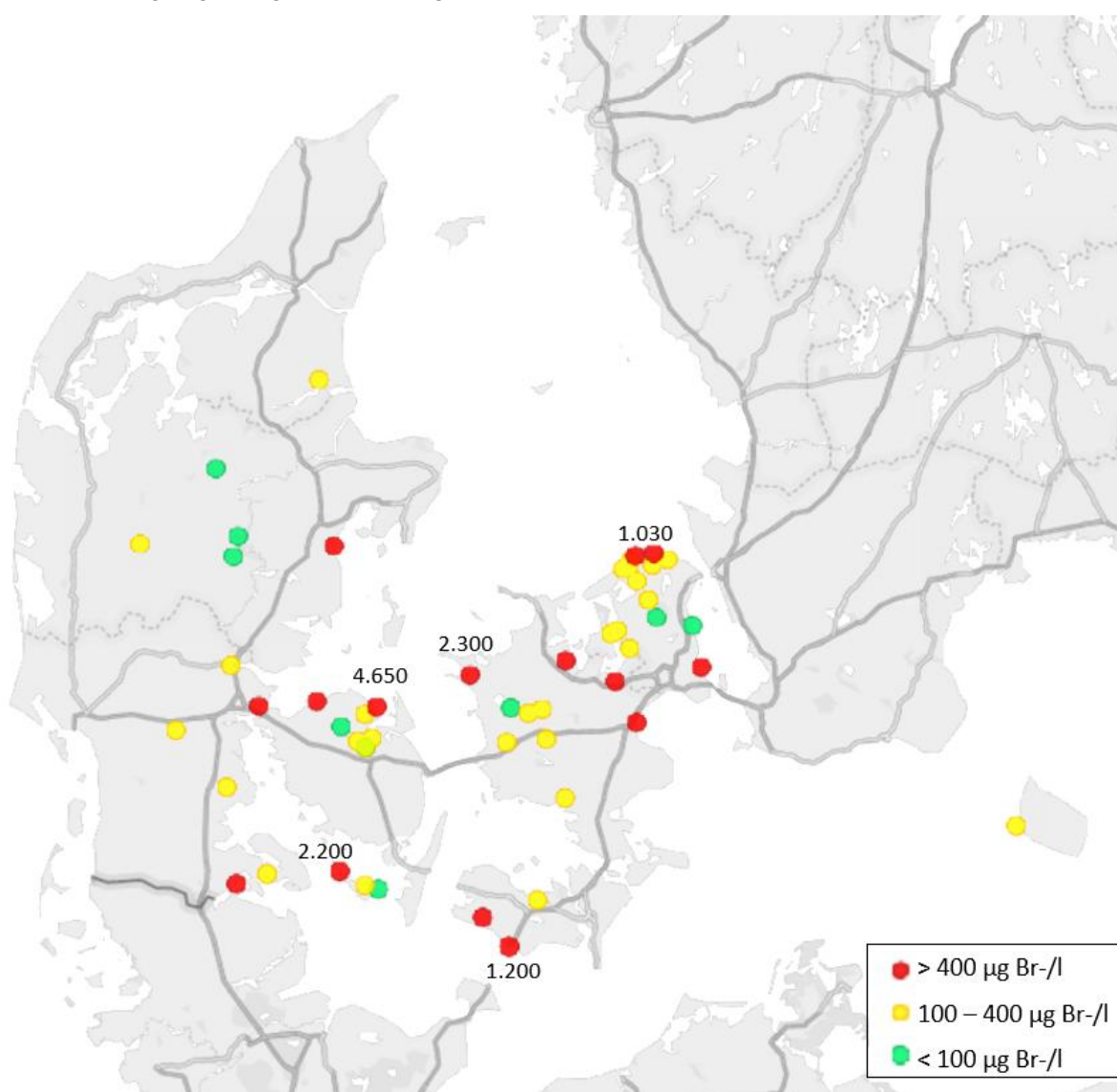
I alt er der udført 90 analyser for bromid. Langt de fleste forsyninger har leveret 1 datapunkt per renseanlæg, men en række har leveret op mod 4 datapunkter per renseanlæg og en enkelt forsyning 12 datapunkter. I tilfælde af flere datapunkter for et renseanlæg, er der taget udgangspunkt i en middelværdi for bromidkoncentrationen.

Alle analyser er foretaget på akkrediteret laboratorie, men det skal nævnes at selvom der er tale om døgnprøver, så er det et meget begrænset datasæt, som skal anvendes med forsigtighed.

4.1 Bromid

I Figur 1 illustreres gennemsnittet af bromidkoncentrationer i indløb til de 53 renseanlæg baseret på forsyningernes dataindsamling. Alle grønne punkter, hvor bromid-koncentrationen er mindre end 100 µg Br⁻/l, forventes ikke at være en udfordring ifm. ozonering. De gule punkter, hvor bromid-koncentrationen er målt i intervallet fra 100 til 400 µg Br⁻/l kan ozonering potentielt udgøre et problem. Endelig indikerer de røde punkter, hvor bromid-koncentrationen er større end 400 µg Br⁻/l, steder hvor der bør være særlig bevågenhed i forhold til anvendelse af ozon.

Den gennemførte undersøgelse viser således, at der er en lang række danske renseanlæg som har bromid i tilløbet i en koncentration som kræver særlig opmærksomhed ifm. eventuel ozonering. Særligt problematisk bliver det i kystnære områder, hvor det må formodes at det primært er havvandsindtrængning som giver anledning til bromidkoncentrationen.

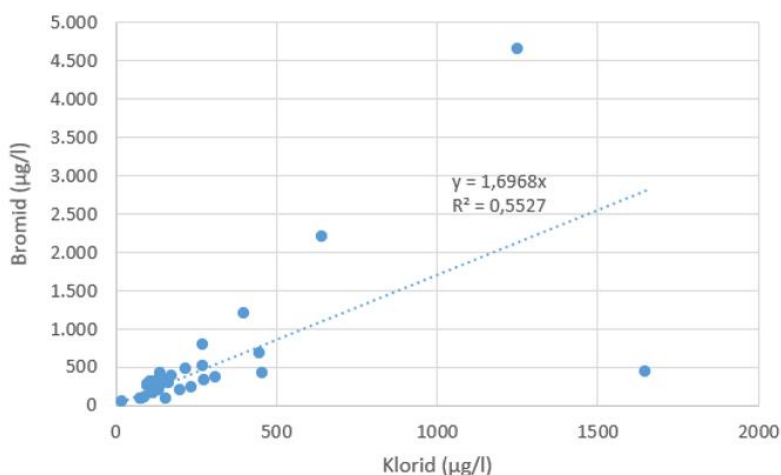


Figur 1. Middelkoncentration af bromid i tilløb til danske renseanlæg. Resultater er baseret på et begrænset antal døgnprøver som er blevet analyseret i akkrediteret laboratorie.

4.2 Klorid

Som Figur 1 viser, så er der en sammenhæng mellem afstand til havet og bromidkoncentration i tilløb til renseanlæg. Det forventes derfor at høj bromidkoncentration i langt de fleste tilfælde skyldes havvandsindtrængning. Derfor er det interessant at kigge på koncentrationen af klorid, for at kunne anvende denne som indikator for bromidniveauet.

Figur 2 viser forholdet imellem bromid og klorid i de analyserede prøver og der ses en lineær sammenhæng, dog med nogle store afvigelser. Nogle af disse afvigelser kan skyldes industritilledninger af bromid, men dette er ikke verificeret i dette projekt.



Figur 2. Forholdet imellem bromid og klorid i tilløbet til renseanlæg i Danmark (32 fælles datapunkter).

4.3 Risikovurdering af bromat

I projektets Arbejdspakke 3 har formålet været at opnå yderligere forståelse for bromats påvirkning på vandlevende organismer. Her anvendes begrebet Predicted No Effect Concentration (PNEC), som er et udtryk for den koncentration af et stof i recipienten, som højst sandsynligt ikke vil resultere i negative virkninger under langvarig eller kortvarig eksponering.

I projektet er der foretaget et nyt forslag til PNEC for bromat, ved at udføre kroniske økotoxikologiske tests på æg og larver af zebrafisk, søpindsvin (befrugtningstest) og østerslarver. Sammen med kvalificeret litteraturdata for målt toksicitet af bromat på vandlevende organismer er datagrundlaget for vurderingen af bromats økotoxikologiske effekter dermed udvidet betragteligt. Det betyder, at det er muligt at reducere usikkerhedsfaktoren, som anvendes i beregningen af PNEC, fra 100 til 10. Hermed forhøjes PNEC i marint miljø til 110 µg/L fra 11 µg/L.

I en miljørisikovurdering vil PNEC blive sammenlignet med den faktiske koncentration i miljøet (PEC) for at afgøre, om risikoen ved et stof er acceptabel eller ej. Hvis $PEC/PNECs < 1$, er risikoen acceptabel.

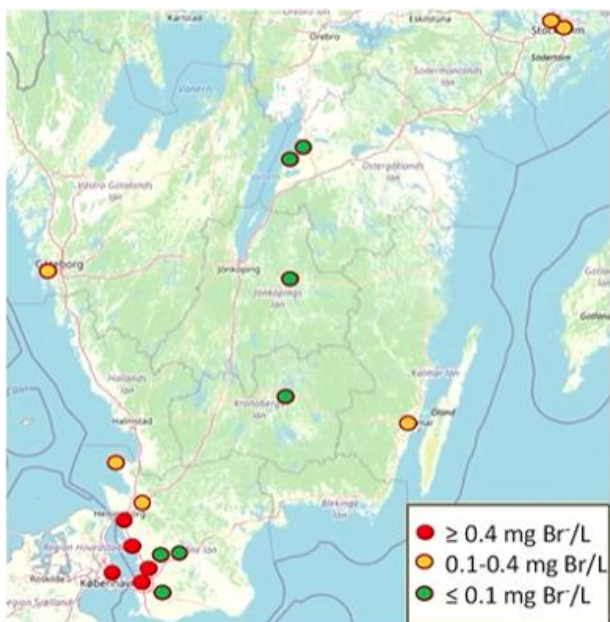
Dette betyder, at der dermed foreligger et solidt datagrundlag for at der kan accepteres en højere bromidkoncentration i indløbet til renseanlægget.

5. Perspektivering

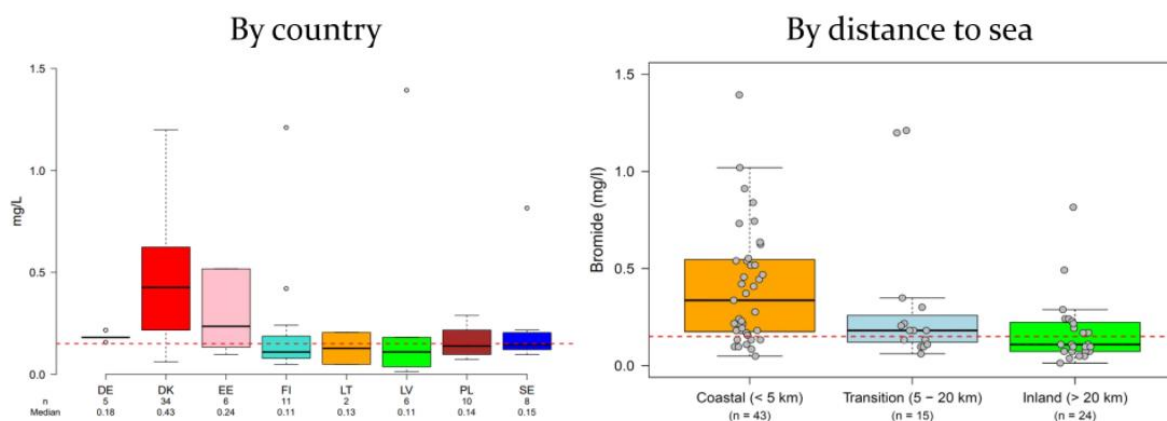
I et stort udviklingsprojekt støtte af EU (EU's Interreg Baltic Sea Region Programme) vedrørende reduktion af mikroforureninger i Østersø-området, CW Pharma er der udført en række målinger af bromidindholdet i tilløbet til en række sydsvenske renseanlæg, se Figur 3. Her ses også en tydelig

tendens til, at kystnære renselanlæg har de højeste bromid-koncentrationen og dermed potentielt de største udfordringer ift. anvendelse af ozonering til reduktion af miljøfremmede stoffer.

CW Pharma projektet har også undersøgt problematikken i en række andre lande samt sammenhængen med afstand til havet. I Figur 4 ses tydeligt at Danmark har det klart højeste gennemsnitsniveau af bromid af de involverede lande, og at kystnære renselanlæg har de højeste bromidkoncentrationer.



Figur 3. Kortlægning af bromidkoncentrationer i tilløbsspildevand til en række renselanlæg i Sydsverige (CW Pharma projektet; www.cwpharma.fi).



Figur 4. Indhold af bromid i tilløbsspildevandet til renselanlæg i Tyskland (DE), Danmark (DK), Estland (EE), Finland, (FI), Litauen (LT), Letland (LV), Polen (PL) og Sverige (SE) (resultater fra CW Pharma projektet; www.cwpharma.fi).

I situationer med meget forhøjede koncentrationer af bromid i tilløbet til et renselanlæg, og der ikke umiddelbart er nogen mulighed for at reducere koncentrationen, kan det være nødvendigt at overveje andre teknologiske løsninger. Og der er bestemt andre muligheder, mest oplagt er nok adsorption af mikroforureningerne vha. aktivt kul, enten granulært aktivt kul (GAK) eller partikulært aktivt kul (PAK).

Det er også vigtigt at se på en samlet miljøkonsekvensvurdering, f.eks. kan en let forhøjet koncentration af bromat i udløbet være acceptabelt, hvis en bred vifte af mikroforureninger samtidig bliver reduceret væsentligt. Det skal altså aldrig være et enkelt stof, som afgør hvilken løsning der skal etableres.

Resultaterne i denne del af projektet er relativt entydige og er også samstemmige med andre tilsvarende studier. Det er dog altid en nødvendighed at kigge på lokale forhold når nye tiltag, såsom et rensesrin til reduktion af mikroforureninger skal implementeres.

6. Konklusioner

Bromidkoncentrationen i tilløbet til danske renseanlæg er i langt de fleste tilfælde over 100 µg/l, hvilket betragtes som grænsen for hvornår bromid kan udgøre et problem ift. bromatdannelse ved ozonering. De højeste bromidkoncentrationer blev fundet ved kystnære renseanlæg, og det må derfor formodes at det primært skyldes havvandsindtrængning. Nogle renseanlæg har meget høje koncentrationer af bromid i tilløbet, >1000 µg/l og i 3 tilfælde over 2000 µg/l.

En risikovurdering fra projektets Arbejdspakke 3 har det været muligt at reducere usikkerhedsfaktoren, som anvendes i beregningen af PNEC, fra 100 til 10. Hermed forhøjes PNEC i marint miljø til 110 µg/L fra 11 µg/L. Dette betyder, at der dermed foreligger et solidt datagrundlag for at der kan accepteres en højere bromidkoncentration i indløbet til renseanlægget.

Der er fundet en lineær sammenhæng imellem bromid- og kloridkoncentrationerne i tilløbet til danske renseanlæg, dog med enkelte store afvigelser.