



Kortlægning af lægemiddelstoffer i spildevand samt fjernelse af disse

Redegørelse på basis af analyseprogram på
Aarhus Universitetshospital samt Egå Renseanlæg

Marts 2021

Forfattere:

Laura Bailon, Aarhus Vand

Karen Klarskov Møller, Aarhus Vand

Thomas Møller, Aarhus Universitetshospital, Region Midtjylland

Mette Schrøder Hansen, Aarhus Kommune

Boris Schuleit, Aarhus Kommune

Ekstern faglig kvalitetssikring:

Jes la Cour Jansen, Professor Emeritus



Indholdsfortegnelse

1	Indledning	4
2	Resume og anbefalinger	5
3	Baggrund	7
3.1	Kortlægning af lægemiddelstoffer.....	7
3.2	Grunddata for Aarhus Universitetshospital (AUH)	10
3.3	Grunddata for Egå Renseanlæg.....	10
3.4	Recipient for Egå Renseanlæg	11
4	Metodebeskrivelse vedr. lægemiddelstoffer	13
4.1	Udvælgelse af lægemiddelstoffer.....	13
4.2	Fastsættelse af PNEC-værdier	13
4.3	Analyseprogram.....	14
4.3.1	Udvælgelse af prøvetagningsbrønd på AUH	14
4.3.2	Prøveudtagning.....	14
4.3.3	Valg af laboratorium	15
4.4	Procesbeskrivelse for beregning	16
5	Metodebeskrivelse vedr. resistente bakterier	18
5.1	Reduktions af resistente bakterier vha. pereddikesyre.....	18
5.2	Prøveudtagning	18
5.3	Analysemetode og modelstof.....	18
6	Resultater af analyseprogram for lægemiddelstoffer	19
6.1	Fokusstoffer	19
6.2	Massebalancer - bidrag af lægemiddelstoffer fra AUH og husholdninger	23
6.2.1	Fokusstoffer	23
6.2.2	Andre væsentlige lægemiddelstoffer fra AUH.....	25
6.3	Fjernelsesgrader på Egå Renseanlæg	26
7	Resultater af analyseprogram for resistente bakterier	27
7.1	Resultater for ubehandlet spildevand	27
7.2	Resultater vedr. reducere af resistente bakterier	27
8	Miljømæssige konklusioner	29
8.1	Hvor opnås den største miljøeffekt	29

8.2	Placering af rensning	29
8.3	Vurdering af teoretisk og praktisk kortlægning.....	30
8.4	Resistente bakterier	30
8.5	Usikkerheder	31
9	Konklusioner og anbefalinger opsummeret.....	32
10	Referencer	33
11	Bilag.....	34
12	Ordliste	35

1 Indledning

Aarhus Kommune, Aarhus Vand A/S og Aarhus Universitets Hospital (AUH) har i samarbejde foretaget en kortlægning af lægemiddelstoffer i spildevandet fra AUH samt indholdet af lægemiddelstoffer i ind- og udløb på Egå Renseanlæg (Egå RA). Kortlægningen er udført for 62 udvalgte lægemiddelstoffer. Prøveudtagningerne er sket over en periode på 1½ år med 9 samlede datasæt startende primo 2019 og afsluttet medio 2020. Desuden er der udtaget prøver til analyse for resistente bakterier fra samme lokaliteter.

De seneste år har der været fokus på hospitalsspildevand og udledning af lægemiddelstoffer. Tidligt i dialogen blev der også rettet et fokus på husholdningernes¹ udledning af lægemiddelstoffer, da hospitalet igennem årene har oplevet en stigning i antallet af ambulante patienter. Spildevand fra husholdningerne afledes, som for hospitalsspildevand, til det offentlige renseanlæg.

AUH har en gældende tilladelse til afledning af spildevandet til Egå RA. Tilladelsen stiller ikke specifikke vilkår til lægemiddelstoffer inden afledning til det offentlige kloaksystem.

For at få et tilstrækkeligt datagrundlag til at træffe beslutning om en eventuel supplerende rensning af lægemiddelstoffer i spildevand ved hospitalet (decentral renseløsning) eller på forsyningens renseanlæg (central renseløsning) er der udført et analyseprogram.

Med analyseprogrammet ønskes det afklaret

- om AUH sammenlignet med husholdninger i oplandet til Egå RA bidrager væsentligt med lægemiddelstoffer
- belastningsniveauet for udvalgte lægemiddelstoffer i udløbet fra AUH
- belastningen af lægemiddelstoffer i indløbet til Egå RA, med henblik på at undersøge bidraget fra husholdningerne
- belastningen af lægemiddelstoffer i udløbet ved Egå RA, med henblik på at undersøge udledningen til vandmiljøet
- hvilken renseseffekt, der opnås af lægemiddelstoffer ved Egå RA
- hvilken effekt lokal rensning på AUH vil have på spildevand ved Egå RA
- koncentrationen af multiresistente bakterier fra AUH og i indløb på Egå RA
- udpegning af fokusstoffer, der er specifikke for udledningen fra AUH, som evt. skal renses ved kilden

Analyseprogrammet og resultater herfra bidrager til en miljømæssige vurdering af, om udledning af lægemiddelstoffer fra AUH skal reduceres ved en decentral rensemetode eller om det kan ledes til det offentlige renseanlæg og dermed renses centralt i en ny rensproces, sammen med det øvrige spildevand fra husholdningerne.

Den miljømæssige vurdering vil bero på en konkret vurdering af spildevandets indhold af lægemiddelstoffer og koncentrationsniveauer, samt lægemiddelstoffernes miljøpåvirkning, da vores vandområder skal beskyttes bedst muligt.

¹ Begrebet husholdninger dækker over det øvrige spildevand, dvs. spildevand fra husholdninger og erhverv. Se ordliste

2 Resume og anbefalinger

Miljøstyrelsen har henstillet til kommunerne, at de skal sikre, at hospitalers tilslutningstilladelser er tidssvarende og dermed opfylder kravet om "Best Available Technology" (BAT). På den baggrund har Aarhus Kommune i tæt samarbejde med Aarhus Vand og Region Midtjylland (Aarhus Universitetshospital, AUH) udført et analyseprogram for lægemiddelstoffer i spildevand. Det var projektgruppens vurdering, at datagrundlaget ikke var tilstrækkeligt til at vurdere om udledning af lægemiddelstoffer fra hospitalet giver anledning til uønskede effekter i vandmiljøet. På den baggrund har projektgruppen ønsket at kortlægge bidraget af lægemiddelstoffer i spildevand fra henholdsvis husholdninger og AUH.

Der er udført et analyseprogram i 2019-2020, hvor der er indsamlet i alt 9 datasæt, som er blevet analyseret for 62 lægemiddelstoffer. Udvælgelse af lægemiddelstoffer er sket på baggrund af tidligere arbejde udført i et KL-samarbejde samt en kortlægning af lægemiddelforbruget på AUH. Der er udtaget spildevandsprøver på AUH, samt i ind- og udløb på Egå Renseanlæg.

Resultater viser, at AUH bidrager væsentligt til den samlede belastning med 13% af den samlede mængde (kg) lægemiddelstoffer der tilledes Egå Renseanlæg (eksklusiv kontraststoffer²) og husholdningerne bidrager med 87%.

Baseret på resultaterne fra analyseprogrammet er listen med 62 lægemiddelstoffer blevet reduceret til en fokusliste med 25 lægemiddelstoffer, som indeholder miljøkritiske lægemiddelstoffer.

Grundet den store behandlingsaktivitet på AUH er koncentrationen af lægemiddelstoffer i hospitalsspildevandet større end i spildevand fra husholdningerne og derfor kan det konkluderes, at AUH er en punktkilde. Opgøres bidraget fra husholdninger som den samlede mængde, så udgør denne dog en væsentlig større andel. Det vurderes således, at den største miljøeffekt vil kunne opnås ved en central rensning af lægemiddelstoffer fra både AUH og husholdninger på Egå Renseanlæg. Vælges en decentral rensning på AUH, vil kun en mindre procentdel af den samlede mængde lægemiddelstoffer blive rensset.

Det er gennem projektet erfaret, at der er en række usikkerheder forbundet med analyser for lægemiddelstoffer, bl.a. mangler mange analysemetoder en akkreditering, der er store usikkerheder forbundet med analysemetoderne, detektionsgrænser og PNEC-værdier. Yderligere mangler der udlederkrav (PNEC-værdier og miljøkvalitetskrav) for flere af de relevante lægemiddelstoffer.

Udover analyser for lægemiddelstoffer, er der målt på antibiotika resistente bakterier i udløb fra AUH samt ind- og udløb ved Egå Renseanlæg. I den sammenhæng er der forud for dette projekt udført pilotforsøg for at undersøge effekten på resistente bakterier ved tilsætning af pereddikesyre i spildevandet på AUH. Målingerne har påvist et forhøjet indhold af resistente bakterier i spildevandet fra AUH og at visse delstrømme fra AUH indeholder store mængder resistente bakterier. Pilotforsøget har vist, at det er muligt at foretage en effektiv reduktion af resistente bakterier inden udløb til det offentlige kloaksystem ved at benytte en forholdsvis simpel proces med tilsætning af pereddikesyre i råspildevandet.

Det konkluderes at, den største miljøeffekt vil kunne opnås ved en central rensning af lægemiddelstoffer på Egå Renseanlæg. Projektgruppen har ikke undersøgt teknologier og omkostninger ift. rensning af lægemiddelstoffer. Det skal undersøges nærmere, med henblik på at kvantificere, hvad omkostningerne ved fjernelse af lægemiddelstoffer er. Det anbefales, at der i første omgang arbejdes videre med at undersøge teknologier og omkostninger ift. central rensning af lægemiddelstoffer. Det forventes, at der stilles krav om decentral rensning for resistente bakterier på AUH, for at sikre, at spildevandsmedarbejdere ikke udsættes

² Eftersom kontraststoffer ikke anses for toksiske, er det vurderet mest realistisk at ekskludere dem fra hospitalets bidrag af lægemiddelstoffer

unødigt for resistente bakterier samt at det ikke risikerer påvirkning fra resistente bakterier i recipienten ved overløb fra kloaknettet

Der henvises til kapitel 9 for yderligere konklusioner. Anbefalinger er som følgende:

Anbefalinger vedr. renseløsninger i Aarhus

- Udarbejdelse af økonomisk overslag på fjernelse af lægemiddelstoffer fra spildevandet centralt på Egå RA baseret på stillede vandkvalitetskrav fra Aarhus Kommune.
- Hvis det senere konkluderes, at der skal ske central rensning for lægemiddelstoffer på Egå renseanlæg, så anbefales det, der stilles krav om decentral rensning for resistente bakterier på AUH.

Anbefalinger vedr. nationale datagrundlag

- Udarbejdelse af mere solide PNEC-værdier, som grundlag for myndighedernes regulering på området, således at transparente vandkvalitetskrav kan opstilles på tværs af landet.
- Udvikling af akkrediterede analysemetoder for at mindske usikkerheder ved detektionsgrænseværdier og måleusikkerheder og dermed styrke udvælgelsen af lægemiddelstoffer

3 Baggrund

De seneste år er der kommet fokus på hospitalsspildevand og hospitalernes udledning af kritiske lægemiddelstoffer samt resistente bakterier. Baggrunden er, at en række lægemiddelstoffer har en negativ påvirkning i vandmiljøet og at resistente bakterier i spildevand udgør en sundhedstrussel, især for medarbejdere i kloakforsyningen. I den sammenhæng har der været en række overvejelser omkring rensning af hospitalsspildevand samt hvorvidt rensning skal ske decentralt på hospitalerne eller centralt på forsyningernes renseanlæg.

I 2009 fremlagde Miljøministeriet en handlingsplan vedr. hospitalsspildevand og i 2011 udsendte Miljøministeriet brev til landets kommuner hvor daværende minister bad kommuner, regioner og forsyningsselskaber om at gå i dialog og sikre, at hospitaler har en tidssvarende tilslutningstilladelse der sikrer, at lægemiddelstoffer fra hospitaler ikke giver anledning til uønskede effekter i vandmiljøet/9./.

Der er bred enighed blandt Miljøstyrelsen, kommunerne samt hospitaler om, at hospitalsspildevand skal miljømæssigt reguleres.

AUH anvender over 1.000 forskellige lægemiddelstoffer fordelt på omkring 5.000 varenumre, hvoraf en lang række af stofferne er toksiske i vandmiljøet. For at sikre et solidt grundlag inden der træffes beslutning om hvordan rensning for lægemiddelstoffer skal ske, har der været behov for at foretage en nøje kortlægning af forbruget på AUH samt en vurdering af, hvilke lægemiddelstoffer, der er miljømæssigt kritiske. Yderligere har der været behov for at bestemme indholdet af disse lægemiddelstoffer samt resistente bakterier i spildevandet, og i hvilken grad det afledes fra henholdsvis AUH og husholdningerne.

Miljømyndighederne betragter et hospital som en virksomhed, der kan være en væsentlig punktkilde til udledning af lægemiddelstoffer. Udledning af lægemiddelstoffer skal reguleres gennem en tilslutningstilladelse, jf. Miljøbeskyttelseslovens kap. 4 /1./. Tilslutningstilladelser til det offentlige kloaksystem (renseanlæg) skal sikre, at udledningen fra forsyningsselskabets renseanlæg kan opfylde miljøkvalitetskrav i det berørte vandområde, jf. spildevandsbekendtgørelsens § 13, stk. 3 /4./. AUH udleder i dag, uden rensning, hospitalsspildevand via Aarhus Vands spildevandssystem til Egå RA, som udleder rensset spildevand til Egåen.

Decentral rensning af lægemiddelstoffer er hidtil blevet betragtet, som den bedst tilgængelige teknologi (BAT). Hvis det vurderes, at en central rensning kan rense ned til samme niveau, vurderes det at kunne opfylde kravet om BAT.

Miljøstyrelsen har i brev af 23. april 2019 /11./ tilkendegivet, at det er kommunens miljømæssige vurdering, hvorvidt rensning af hospitalsspildevand skal ske centralt eller decentralt.

3.1 Kortlægning af lægemiddelstoffer

På baggrund af dialog mellem Aarhus Kommune og Aarhus Universitetshospital (AUH) er der for årene fra 2011 til og med 2017 gennemført en kortlægning af lægemiddelstoffer udledt fra AUH og husholdningerne. Kortlægningen er baseret på en liste fra Kommunernes Landsforening (KL) i vejledning vedrørende lægemiddelstoffer i spildevand, populært blevet omtalt som 33+3 listen /12./ Data er udtrukket fra www.medstat.dk løbende frem til 2020.

Årsagen til kortlægningen er, at AUH af patientudviklingen for hospitalet kan se, at antallet af ambulante behandlinger er steget kontinuert, og at antallet af ambulante behandlinger i øvrigt er højt sammenholdt med aktiviteten på hospitalet generelt. Med et stort og i øvrigt støt stigende antal ambulante behandlinger opstod spørgsmålet om, hvorvidt dette bevirker, at rensning af hospitalsspildevand decentralt på AUH kun vil løse en mindre del af problematikken omkring udledning af lægemiddelstoffer med spildevandet.

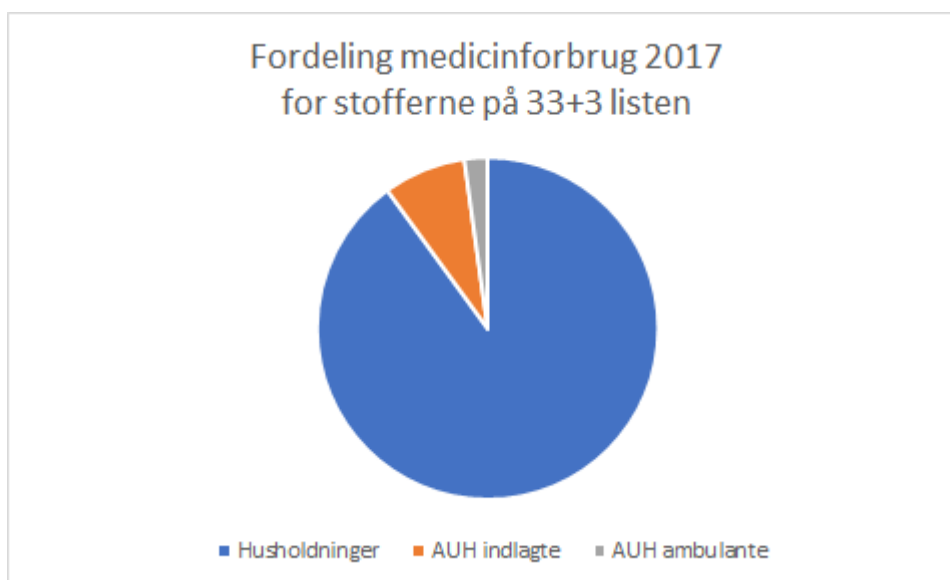
Der blev gennemført en teoretisk kortlægning baseret på data fra den Elektroniske Patient Journal (EPJ) i Region Midtjylland. Dataudtrækket blev filtreret således, at forbruget knyttet til patienter under ambulante behandling blev filtreret fra forbruget knyttet til indlagte patienter. På baggrund af udtræk fra EPJ er der gennemført en teoretisk beregning af, hvor stor en del af de undersøgte lægemidler, der blev indkøbt af AUH, som blev udledt henholdsvis fra hospitalet, henholdsvis fra patienternes egne hjem.

Resultaterne af kortlægningen viste, at i årene 2011 til 2017 kom langt størstedelen af miljøbelastningen knyttet til de kortlagte lægemidler fra patienter, hvor udledning skete i husholdningerne. Endda med en stigende tendens til over 90% i 2016 og 2017. Et miljøbelastende lægemiddelstof er i denne rapport defineret som et lægemiddel, hvor den målte koncentration af stoffet i spildevand (PEC) er større end den anbefalede maksimale koncentration (PNEC). I bilag 1 findes en nærmere beskrivelse af metoden for beregning af miljøbelastningen for lægemidlerne.

Én af årsagerne til denne meget markante overvægt i belastning fra patienter under ambulante behandling var (og er), at nogle præparater indkøbes af hospitalet, men udleveres til patienterne i forbindelse med konsultationer til indtagelse i egne hjem. Dette gælder eksempelvis Mycophenolsyre, som indtages på livstid af alle patienter på tværs af landet, der har været igennem en organtransplantation på AUH. Mycophenolsyre er kategoriseret som meget toksisk i vandmiljøet, og har således en væsentlig indflydelse på balancen af miljøbelastningen mellem AUH og husholdningerne. I forbindelse med kortlægningen er den miljømæssige belastning fra Mycophenolsyre for de enkelte år beregnet til at udgøre fra omkring 50% til over 70% af den samlede (både indlagte og ambulante patienter) miljøbelastning knyttet til hospitalets forbrug på tværs af landsdele.

Figur 1 viser fordelingen af forbruget af lægemiddelstoffer omfattet af 33+3 listen i 2017 når både AUH's og husholdningers forbrug er inkluderet. Omkring 90% udledes fra husholdningerne opgjort pr. vægt.

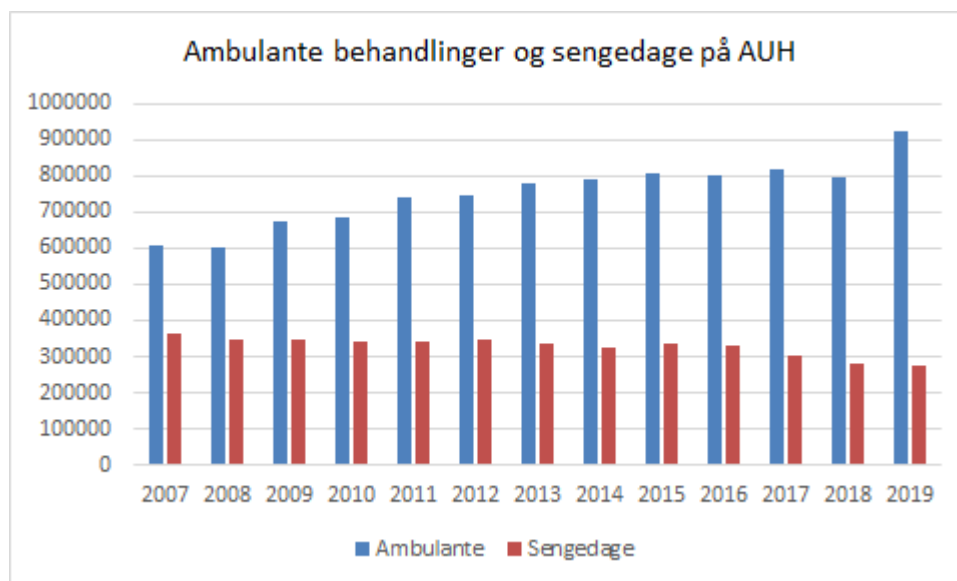
Af det samlede lægemiddelforbrug på AUH alene er 22% knyttet til ambulante patienter målt på vægt. Denne andel er steget fra 10% i 2010 til 22% i 2017. Flere tal vedrørende lægemiddelforbruget kan findes i Bilag 1.



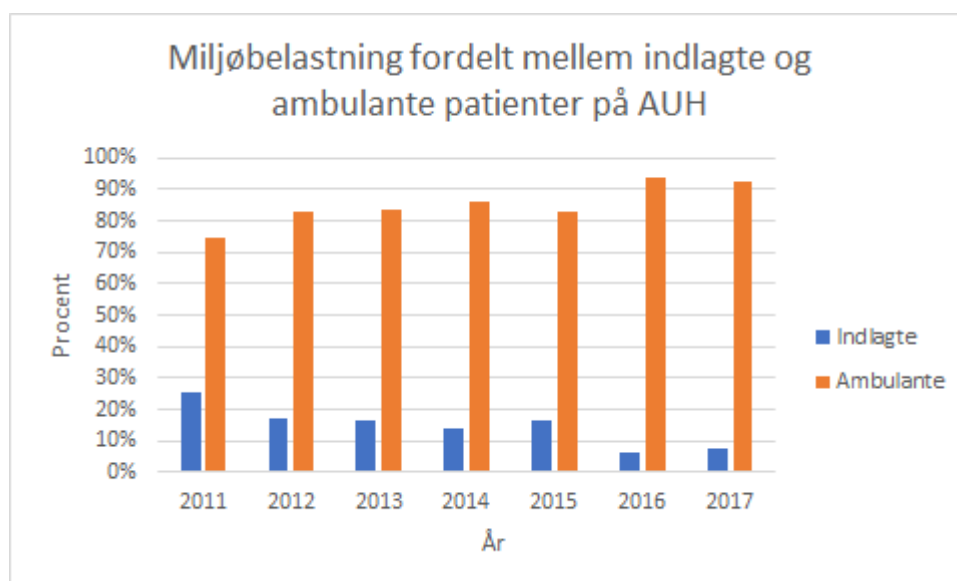
Figur 1: Fordeling af lægemiddelforbruget i 2017 opgjort pr. vægt.

Supplerende skal nævnes, at ovenstående fordeling skal ses i lyset af, at 33+3 listen er udarbejdet med fokus på lægemiddelstoffer der indkøbes i særligt høj grad af hospitaler med en forventning om, at disse lægemiddelstoffer også vil blive udledt direkte fra hospitalet.

Som det ses af Figur 2 har der i perioden 2007 til 2019 været en klar tendens til at antallet af sengedage er faldet kontinuert samtidig med at antallet af ambulante behandlinger har været støt stigende. Det afføder et naturligt spørgsmål om, hvorvidt miljøbelastningen fra de lægemidler der i væsentlig grad indkøbes af hospitalerne faktisk udledes fra hospitalerne. Resultaterne fra den teoretiske kortlægning på AUH har vist, at det ikke er tilfældet som vist i Figur 3.



Figur 2: Antal ambulante behandlinger og sengedage på AUH i perioden 2007 til 2019 (1 sengedag: 1 patient 1 dag). Der ses en lille nedgang i antallet af ambulante behandlinger i 2018. Dette skyldes udflytningen og sammenflytningen af hele AUH i nye lokaler i Skejby, som påvirkede aktivitetsniveauet i perioden.



Figur 3: Samlet miljøbelastning fra lægemidler omfattet af 33+3 listen på AUH fordelt på indlagte og ambulante patienter.

Fejl! Henvisningskilde ikke fundet. Som det ses ved sammenligning af **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** og **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** er der en direkte sammenhæng mellem fordelingen af miljøbelastning fra ambulante og indlagte patienter og fordelingen mellem ambulante behandlinger og sengedage på AUH.

3.2 Grunddata for Aarhus Universitetshospital (AUH)

AUH ligger i Skejby ved Aarhus. De nye bygninger er opført i løbet af det forgangne årti og er fuldt idriftsat i 2019, i hvilken forbindelse de nu tidligere hospitalsadresser i indre by er fraflyttet. AUH fungerer som det lokale hospital for borgerne i og omkring Aarhus. Desuden modtager hospitalet patienter fra resten af Region Midtjylland samt fra andre regioner til specialbehandling. Etagearealet på AUH er omkring 500.000 m² og aktivitetstallene for AUH var i 2019:

- 921.091 ambulante behandlinger
- 85.471 indlæggelser/udskrivninger
- 83.035 operationer
- 272.156 sengedage
- 46.311 skadestuebesøg

Antallet af senge er faldet væsentligt over det seneste årti fra 1.060 i 2011 til 862 i 2019. Det er et led i den effektiviseringsplan, der er blevet gennemført i forbindelse med udflytning til nye lokaler. Det er helt i tråd med den overordnede udvikling i sundhedsvæsenet, hvor flere behandlinger foregår ambulant, og hvor patienternes indlæggelsestider er blevet langt kortere.

Alle tal og medicinforbrug er baseret på det samlede forbrug og aktivitetsniveau på AUH for de opgjorte kalenderår. Før udflytningen er forbrug og aktiviteter fra de tidligere adresser lagt sammen, som ét samlet bidrag.

Spildevandsmængden på AUH er opgjort som den forbrugte vandmængde på hospitalet, da spildevand og regnvand er adskilt, og spildevandet således ikke fortyndes med regnvand. Vandforbruget på hospitalet har i de sidste 10 år været rimeligt konstant omkring 180.000 m³/år (Bilag 1).

3.3 Grunddata for Egå Renseanlæg

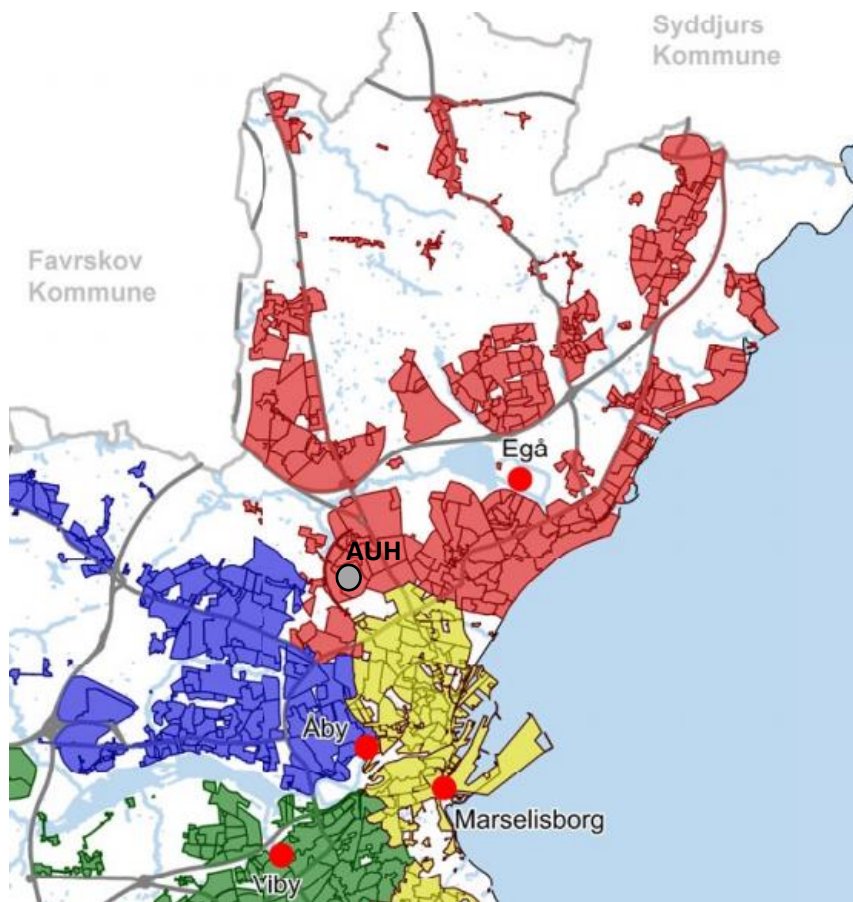
Egå RA er et mekanisk-biologisk-kemisk anlæg med kvælstof og fosforfjernelse (MBNDKF). Desuden føres vandet igennem et sandfilter før udledning. Primærslam og biologisk overskudsslam behandles i rådnetank og afvandet slam køres i dag på landbrugsjord. Det rensede spildevand udledes via Viengekanal til Egå som munder ud i Århus Bugt.

Kvælstof fjernes ved nitrifikation/denitrifikation i hovedstrømmen og ved en anammox-proces i sidestrømmen. Fosfor fjernes såvel biologisk som kemisk.

Egå RA har design kapacitet på 120.000 PE, med en nuværende belastning på ca. 95.000 PE (COD). 95% af belastningen (PE) kommer fra bolig og 6% fra erhverv jf. Aarhus Kommunes spildevandsplan 2017-2020. Placering af Egå RA og tilhørende kloakopland findes på Figur 4.

I 2019 og 2020 var Egå RA's middeldøgnvandsmængde henholdsvis 21.708 m³/d og 18.961 m³/d, med en maks. hydraulisk kapacitet er 3.600 m³/h. Tørvejrsvandsmængde er ca. 14.000 - 15.000 m³/d.

AUH ligger 7 km fra Egå RA og udleder ca. 500 m³/d spildevand til Egå RA. Det udgør i en tørvejsituation ca. 3,5% af den total indløbsvandmængde på Egå RA.



Figur 4: Placering af Egå RA og AUH samt med renseanlægs opland (rød markering).

3.4 Recipient for Egå Renseanlæg

Egå RA udleder til Viengekanalen, som nedstrøms løber til fersk recipient, Egå (Figur 5). Vandløbet er målsat til god økologisk tilstand, men den aktuelle tilstand er ukendt. Der er ikke analyseret for lægemiddelstoffer i recipienten.



Figur 5: Egå RA, udløb (gul stjerne) til Viengekanal, som munder ud i Egåen.

Medianminimumsvandføringen i Egåen nedstrøms udløbet fra Viengekanal er 43 l/s, vintermedianmaksimumsvandføringen er 3.372 l/s og årsmiddelvandføringen er 497 l/s. Spildevand fra Egå RA er en væsentlig bidrag til Egåen. En evt. fortynding afhænger af vandmængder og koncentration af de enkelte lægemiddeltoffer i udløb ved Egå RA. Baseret på minimum og maksimum daglig flowmængder i udløbet af Egå RA i 2020 kan det estimeres en fortyndingsfaktor indenfor et interval fra 1 til 4. Disse tal skal ses som en indikation. Den nøjagtige faktor skal fastlægges i forbindelse med den fremadrettede proces.

4 Metodebeskrivelse vedr. lægemiddelstoffer

4.1 Udvalgelse af lægemiddelstoffer

Der er udvalgt 62 lægemiddelstoffer til analyseprogrammet. Disse er udvalgt på baggrund af en række bekendtgørelser, nationale og internationale testprogrammer samt en opgørelse fra AUH over miljøbelastende lægemiddelstoffer, som anvendes på hospitalet. Dette er sammenholdt med analyselaboratoriets tilbud på mulige lægemidler, der kan analyseres for.

De anvendte bekendtgørelser, stoflister m.v. er:

- Bekendtgørelse nr. 1625 af 19/12/2017 /2./
- EU Watch liste fra den 3. juli 2018 over stoffer, der skal overvåges i EU's overfladevand /13./
- EU-forslag til vandrammedirektivet /14./
- Schweizisk liste: proceskontrolstoffer /15./
- Miljøstyrelsens Novana program /16./
- Forslag til administrationsgrundlag for lægemiddelstoffer i hospitalsspildevand, anbefalede maksimale koncentration ved tilslutning til kloak (33+3 listen), Input til KL's Arbejdsgruppe omkring hospitalsspildevand, juni 2013 /12./
- Kritiske stoffer jf. måleresultater fra Egå RA i 2012 /17./

De 62 lægemiddelstoffer fremgår af Bilag 2. Heraf fremgår under hvilket hensyn lægemiddelstoffet er medtaget i programmet, deres respektive PNEC-værdier, EC₅₀ værdier og stabilitetsscore på PNEC (læs afsnit 4.2 herunder for nærmere beskrivelse af disse begreber).

4.2 Fastsættelse af PNEC-værdier

Udledning af lægemiddelstoffer til vandmiljøet reguleres jf. BEK nr. 1625 af 19/12/2017 "Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand" /2./. 6 lægemiddelstoffer ud af de 62 er reguleret i denne bekendtgørelse (se Bilag 2).

I tråd med Miljøstyrelsens vejledende udtalelse i brev af 23. april 2019 /11./ fastsættes vejledende værdier for de resterende lægemiddelstoffer ved anvendelse af PNEC-værdier. PNEC-værdier angiver den estimerede nul-effekt koncentration for lægemiddelstoffet i vandmiljøet (PNEC, Predicted No Effect Concentration i vandmiljøet).

I de tilfælde, hvor det ikke har været muligt at anvende PNEC-værdier, er det besluttet at estimere en PNEC-værdi ved at anvende økotoksikologiske værdier (EC₅₀ værdi) for lægemiddelstoffet og påregne en usikkerhedsfaktor på 1000 /7./8./. Dermed fås et konservativt estimat.

Ved litteraturstudie har det ikke været muligt at fastsætte PNEC-værdier for alle 62 lægemiddelstoffer. Der er fastsat PNEC-værdier eller lign. for 47 stoffer. PNEC-værdierne for de forskellige lægemiddelstoffer sammen med deres kilde og stabilitetsscorer findes i Bilag 2. Nogle af de anvendte værdier er fastsat på et usikkert datagrundlag og PNEC-værdier kan således være genstand for ændring.

Der er angivet en stabilitetsscore for PNEC-værdierne, mellem 0 og 3,3. En stabilitetsscore på ≤ 2 , angiver at PNEC-værdien er stabil/robust og troværdigheden på PNEC er pålidelig /12./.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at PNEC-værdierne gælder for koncentrationen i vandområder og ikke for koncentrationen i spildevand i hospitalets eller renseanlæggets udløb. Egå RA udleder til ferskvandsområde derfor er PNEC-værdier for ferskvandsområder anvendt.

Risikoen i vandområdet beregnes som forholdet mellem $PEC_{\text{vandområde}}$ (Predicted Environmental Concentration i vandområdet) og PNEC. Forholdet mellem PEC og PNEC er centralt for vurderingen af, hvilke lægemidler der er kritiske. Et PEC/PNEC-forhold større end 1 vurderes ifølge EMEA-guidelinen som kritisk /18./.

4.3 Analyseprogram

4.3.1 Udvælgelse af prøvetagningsbrønd på AUH

AUH har to hovedtilkoblinger til Aarhus Vands spildevandskloak. Der er udtaget spildevandsprøver fra de to hovedtilkoblinger, således at de samlet repræsenterer hele AUH's spildevandsudledning.

Der er udtaget prøver fra én tilkobling, som repræsenterer den nyopførte del af AUH (S90) og én tilkobling der repræsenterer den ældre del af AUH (S6).

Brønd S6 er en dyb brønd på over 8 m og på grund af den store dybde af brønden, blev der for en periode i starten af 2019 forsøgt at udtage spildevandsprøver fra to brønde længere oppe ad spildevandsledningen i forhold til S6 (S14 og S175). Gentagne fejlslagne prøveudtagninger fra disse brønde gjorde dog, at denne konstellation blev opgivet. Desuden er en lille delstrøm fra en enkelt bygning på AUH ikke inkluderet når der udtages prøver fra S14 og S175. Én enkelt af de gennemførte analyser (den 27. marts 2019) er dog baseret på prøver udtaget fra disse brønde.

Til at foretage prøveudtagninger på den dybe S6 brønd blev der udviklet en ny prøveudtagningsstuds som forhindrede toiletpapir og andet fast stof i at skabe prop i prøveudtagningsstuds. Kombineret med, at prøvetagningsenheden blev nedsænket i brønden, medførte den udviklede prøvetagningsstuds, at det blev muligt at udtage prøver fra brønd S6 problemfrit.

4.3.2 Prøveudtagning

Der er udtaget spildevandsprøver på AUH i de to brønde S6 og S90, samt ved Egå RA ved indløb og udløb. Prøverne er altid udtaget samtidigt og som henholdsvis tidsproportionale prøver på AUH og flowproportionale ved Egå RA over 24 timer.

Prøverne på AUH er udtaget af et eksternt akkrediteret prøveudtagningsfirma og prøverne på Egå RA er udtaget ved eget fastmonteret prøvetagningsudstyr, der anvendes til dokumentation overfor miljømyndigheden.

Prøverne er udtaget over 24 timer på hverdage under tørvejr (< 2 mm regn) for at undgå usikkerhed på grund af fortynding. Indløbsflow på Egå RA i efteråret 2019 og 1. kvartal 2020 er væsentlig højere end normalt, som følge af usædvanlig meget regn og indsivning i hele den pågældende periode.

Nedenstående Tabel 1 viser prøvetagningsdato, flow ved AUH og indløbsflow ved Egå RA, hvor flow på AUH er baseret på den forbrugte vandmængde.

Tabel 1: Prøvetagningsdato, samt flow ved AUH og Egå RA.

Prøvetagningsdato	Flow AUH m ³ /d	Indløbsflow Egå RA m ³ /d
26. – 27. marts 2019	552	20.512
22. – 23. oktober 2019	630	30.352
23. – 24. januar 2020	530	22.870
11. – 12. marts 2020	589	24.560
4. – 5. maj 2020	545	15.888
13. – 14. maj 2020	600	14.366
26. – 27. maj 2020	665	14.082
10. – 11. juni 2020	611	14.695
17. – 18. juni 2020	609	13.780

Efter endt prøveudtagning er prøverne samme dag pakket i køleemballage og transporteret ekspres til laboratoriet IUTA i Tyskland, til analyse for lægemiddelstoffer.

Prøverne til analyse for resistente bakterier er samme dag afleveret ved Teknologisk Institut, Aarhus.

Samtlige prøver er foruden analyse for lægemiddelstoffer også analyseret for COD (Chemical Oxygen Demand) og SS (Suspendert Stof). Se Bilag 3. Prøverne ved Egå RA er desuden analyseret for totalt kvælstof (TN) og total fosfor (TP). Alle parametre angiver, at renseanlægget i prøveperioderne har været belastet indenfor normalområdet og har rensset effektivt. I forbindelse med udtagelse af prøver ved AUH har spildevandsflowet været normalt.

4.3.3 Valg af laboratorium

Projektgruppen har valgt at få spildevandsprøverne analyseret ved IUTA, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg, Tyskland. Samme laboratorium er anvendt ved lignende projekter med analyse af lægemiddelstoffer ved Brædstrup og Hjørring samt ved Aarhus Vand i 2012.

Af Bilag 4 fremgår hvilke analysemetoder de enkelte lægemiddelstoffer er analyseret efter med angivelse af ekspanderede måleusikkerheder. Tabellen i Bilag 4 angiver tillige hvilke lægemiddelstoffer som er foretaget under akkreditering ISO 17025:2018.

Laboratoriet har anvendt DIN ISO 11352:2013 til beregning af måleusikkerheder "Estimation of measurement uncertainty based on validation and quality control data".

Denne metode er identisk med metoden angivet i BEK nr. 1770 af 28/11/2020 (Gældende) - Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger /19./

Ved angivelse af analysemetodeusikkerheder i rapporten menes ekspanderede (exp.) usikkerheder (Bilag 4).

4.4 Procesbeskrivelse for beregning

Data angivet i afsnit 0

Kortlægning af lægemiddelstoffer er baseret på teoretiske beregninger og er ikke en del af analyseprogrammet.

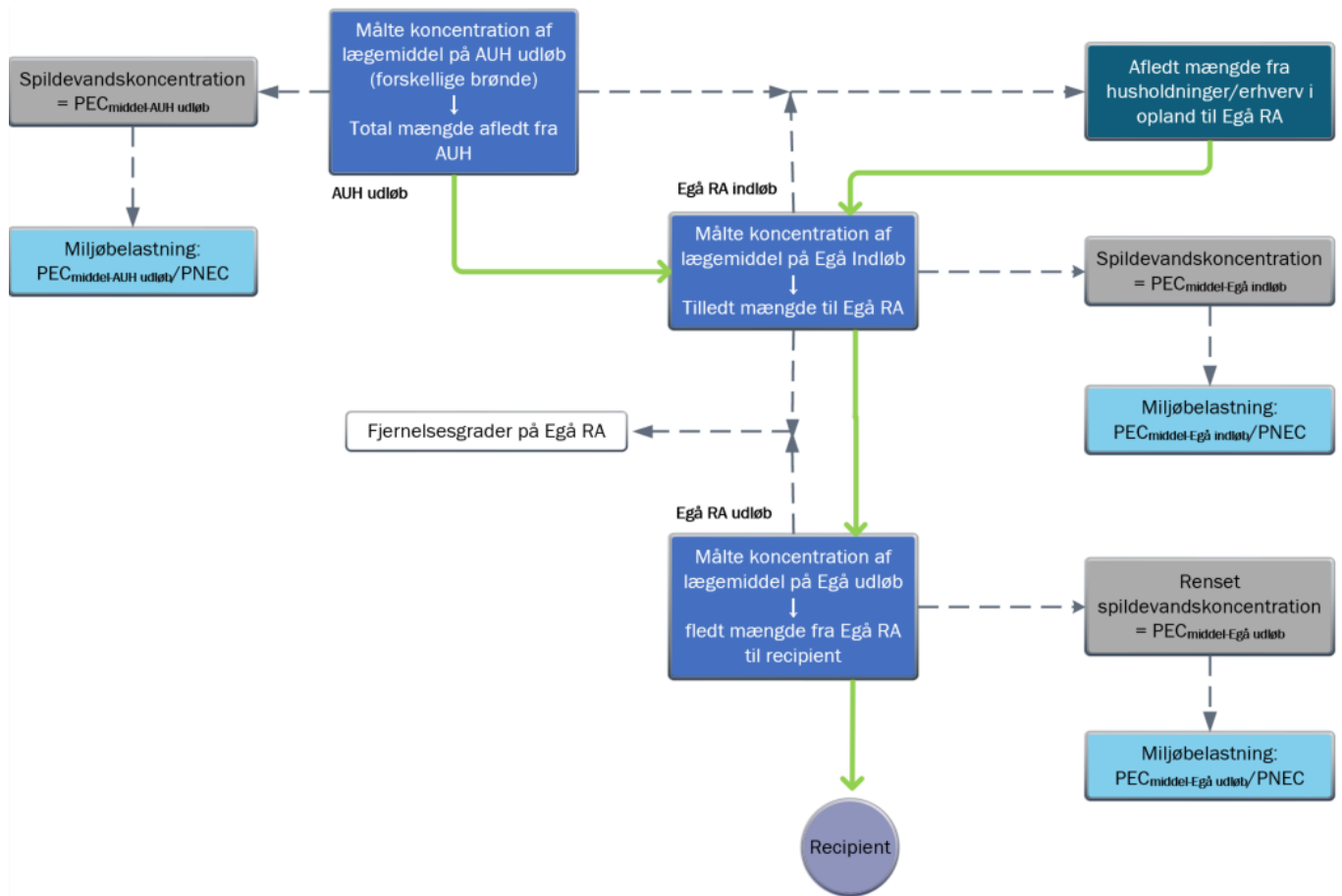
Analyseprogrammets resultater for lægemiddelstoffer er præsenteret i afsnit 6. Beregninger i dette afsnit er baseret på gennemsnitlige koncentrationer og gennemsnitsbelastning (mængden af lægemiddelstof opgjort i masse) for de ni prøvesæt udtaget i analyseprogrammet. Delvist nedbrudte stoffer og cocktail effekt er ikke taget i betragtning i beregninger. Gennemsnitlige koncentrationer for alle de målte lægemiddelstoffer samt maksimale og minimale koncentrationer (inklusive detektionsgrænseværdierne) er angivet i Bilag 5.

Hospitalets bidrag af samlede mængde af lægemiddelstoffer (kg) til Egå RA er beregnet med og uden kontraststofferne. Årsagen er at kontraststofferne er designet til at være inaktive og neutrale ift. toksicitet. Det er udarbejdet en fokusliste af potentielt miljøfarlige lægemiddelstoffer. Udvælgelsen til fokuslisten er baseret på et $PEC_{\text{middel-AUH udløb}}/PNEC$ -forhold større end 1. Fokuslisten inkluderer også de målte lægemiddelstoffer hvor $PEC_{\text{middel-Egå inløb}}/PNEC$ og $PEC_{\text{middel-Egå udløb}}/PNEC$ er større end 1.

Formålet med listen er at have fokus på de stoffer AUH udleder som belaster Egå RA, renseanlæggets udledning og vandområdet. Det er derfor i denne sammenhæng valgt at sammenligne de målte koncentrationer direkte med miljøkvalitetskravet uden at foretage en konkret risikovurdering af de enkelte stoffer i forhold til spredning, fortynding samt øvrige kilders bidrag til vandområdet.

Sammenligningen af PNEC-værdier med den målte koncentration i udløbet af renseanlæg er konservativ, da der ikke er taget højde for den fortynding der sker, når det rensede spildevand opblandes i recipienten (Egå). En estimering af fortyndingen faktor ved recipienten er angivet i afsnit 3.4.

Hovedprincipperne i beregningen fremgår af Figur 6.



Figur 6: Procedurer for beregninger i rapporten.

De stiplede linjer i Figur 6 viser de beregnede processer og grønne linjer angiver vandflowet fra AUH og opland til Egå renseanlæg og videre til recipient. Blå farve er målte koncentrationer af lægemidler. Grå farve er beregnede middelkoncentrationer i spildevandet. Turkis farve er miljøbelastningen beregnet som PEC/PNEC. Grøn firkant er beregnet afledt mængde fra oplandet til Egå RA og hvid er beregnede fjernelsesgrader i mængder.

5 Metodebeskrivelse vedr. resistente bakterier

Der er en stigende bekymring for spildevandsmedarbejdernes arbejdsmiljø samt risikoen for spredning af resistente bakterier til vandmiljøet ved overløb i forbindelse med skybrud grundet en stigende tilstedeværelse af resistente bakterier i spildevandet.

I dialog mellem Aarhus Kommune, Aarhus Vand og AUH om kortlægning af lægemiddelstoffer i spildevandet, er det besluttet at kortlægge indholdet af resistente bakterier på henholdsvis AUH samt ved Egå RA. I det omfang koncentrationen af resistente bakterier er højere i spildevandet fra AUH sammenlignet med spildevandet fra det øvrige opland, vil det være hensigtsmæssigt at overveje muligheder, der kan reducere indholdet af resistente bakterier, inden spildevandet udledes til den offentlige kloak.

5.1 Reduktions af resistente bakterier vha. pereddikesyre

Med baggrund i ovenstående, og uafhængigt af målekampagnen, der ligger til grund for denne rapport, er der i 2018/2019 gennemført et pilotforsøg lokalt på AUH som indgår i det overordnede udredningsarbejde vedrørende spildevand fra AUH. Projektet er udført med henblik på at klarlægge, om det er muligt at reducere indholdet af resistente bakterier i det ubehandlede spildevand lokalt på AUH ved injektion af pereddikesyre direkte i en delstrøm. Pilotforsøget blev udført i et kontrolleret testanlæg i en containeropstilling ved AUH.

Resultaterne fra dette arbejde er formuleret i en rapport, vedlagt som Bilag 7.

I forbindelse med dette projektarbejde er det af Aarhus Kommune tilkendegivet, at indholdet af resistente bakterier i spildevand fra AUH bør forsøges reduceret til samme niveau som i spildevandet fra det øvrige opland.

5.2 Prøveudtagning

For beskrivelse af prøveudtagning for resistente bakterier henvises til afsnit 4.3.2.

5.3 Analysemetode og modelstof

Prøver er sendt til analyse ved Teknologisk Institut i Aarhus, hvor forekomsten af ciprofloxacin-resistente bakterier og det totale antal af bakterier i spildevand i indløb og udløb fra Egå RA og på AUH bestemmes vha. Compact Dry metoden. Ciprofloxacin er valgt som fokusstof, da det er et alment brugt bredspektret antibiotikum på AUH og således forventes at være repræsentativt i forhold til hvor udbredt og alvorlig problematikken med antibiotikastoffer i spildevandet er.

6 Resultater af analyseprogram for lægemiddelstoffer

Resultaterne af analyseprogrammet viser, at andelen af den samlede mængde af lægemiddelstoffer (kg), som stammer fra hospitalet er 73%, når kontraststofferne inkluderes i opgørelsen og 12%, når kontraststofferne ekskluderes. Eftersom kontraststoffer ikke anses for toksiske, er det vurderet mest realistisk at ekskludere dem fra hospitalets bidrag af lægemiddelstoffer.

Der er generelt usikkerheder knyttet til analyseresultaterne, som ligger til grund for beregningerne. Disse usikkerheder er inkluderet i forbindelse med resultatvurderingen.

Det skal bemærkes, at:

- der er konstateret stor spredning i analyseresultater for nogle lægemiddelstoffer
- nogle lægemiddelstoffer er kun repræsenteret ved nogle enkelte analyseresultater, hvor der er målt koncentrationer over laboratoriets detektionsgrænse. I de tilfælde anvendes detektionsgrænsen i beregningerne som den mest konservative tilgang
- analysemetoderne har relative høje måleusikkerheder. Se Bilag 4
- flere PNEC-værdier er behæftet med en høj stabilitetsscore (> 2). Se Bilag 2
- der er ikke fastsat PNEC-værdier eller lign. for 15 af de 62 målte lægemiddelstoffer, derfor kan disse stoffer ikke indgå i fokusstofliste
- prøveudtagning på AUH er ikke flowproportional men tidsproportional

Databehandlingen tager desuden udgangspunkt i de målte koncentrationer på AUH, da dette udredningsarbejde udspringer af dialogen om, hvorledes AUH skal reguleres i forhold til den mængde lægemiddelstoffer hospitalet udleder. Der er identificeret en fokusliste af lægemiddelstoffer, hvor udledningen fra AUH udgør en potentiel miljømæssig belastning af vandområdet. Et andet fokus ville være at tage udgangspunkt i antal overskridelser af PNEC-værdier i udløbet fra Egå RA med henblik på at undersøge påvirkningen af recipienten samt kilderne hertil. Det er dog ikke det primære fokus for denne rapport.

Middel, maksimale og minimale koncentrationer for alle de målte lægemiddelstoffer i AUH udløb, Egå RA indløb og Egå RA udløb vises i Bilag 5

6.1 Fokusstoffer

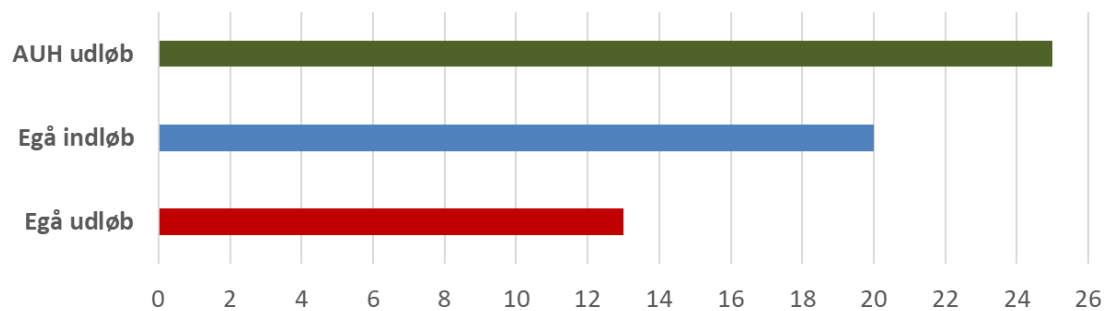
Resultaterne viser, at middelkoncentration for 28 af de 47 målte lægemiddelstoffer, hvor der er fastsatte PNEC-værdier, overskrides i udløbet ved AUH.

Alle lægemiddelstoffer med middelkoncentrationer over PNEC-værdierne i indløbet eller udløbet ved Egå RA er omfattet af fokusstoflisten baseret på udløbsdata fra AUH.

Af de 28 lægemiddelstoffer er 3 lægemiddelstoffer (cefalexin, fulvestrant og spironolacton) målt under detektionsgrænsen i alle prøver. Detektionsgrænseværdierne for fulvestrant er altid meget højere (fra 18 til 3.509 gange) end den tilhørende PNEC-værdi. Detektionsgrænseværdien for cefalexin og spironolacton ses både over og under PNEC-værdien (op til 1,8 og 1,5 gange henholdsvis). Det er vurderet at usikkerhederne er for store til at inkludere disse stoffer i den videre databehandling. Usikkerheder ses i Tabel 2.

Det betyder, at der er identificeret 25 fokusstoffer, hvor den målte middelkoncentration i udløb fra AUH overskrider PNEC-værdier og en direkte udledning af disse stoffer til vandmiljøet ville udgøre en potentiel miljømæssig belastning. 5 af disse 25 fokusstoffer fortyndes og/eller omsættes til under PNEC-værdi inden indløb til Egå RA, hvor der er målt overskridelse af PNEC-værdi for 20 fokusstoffer. I udløbet ved Egå RA

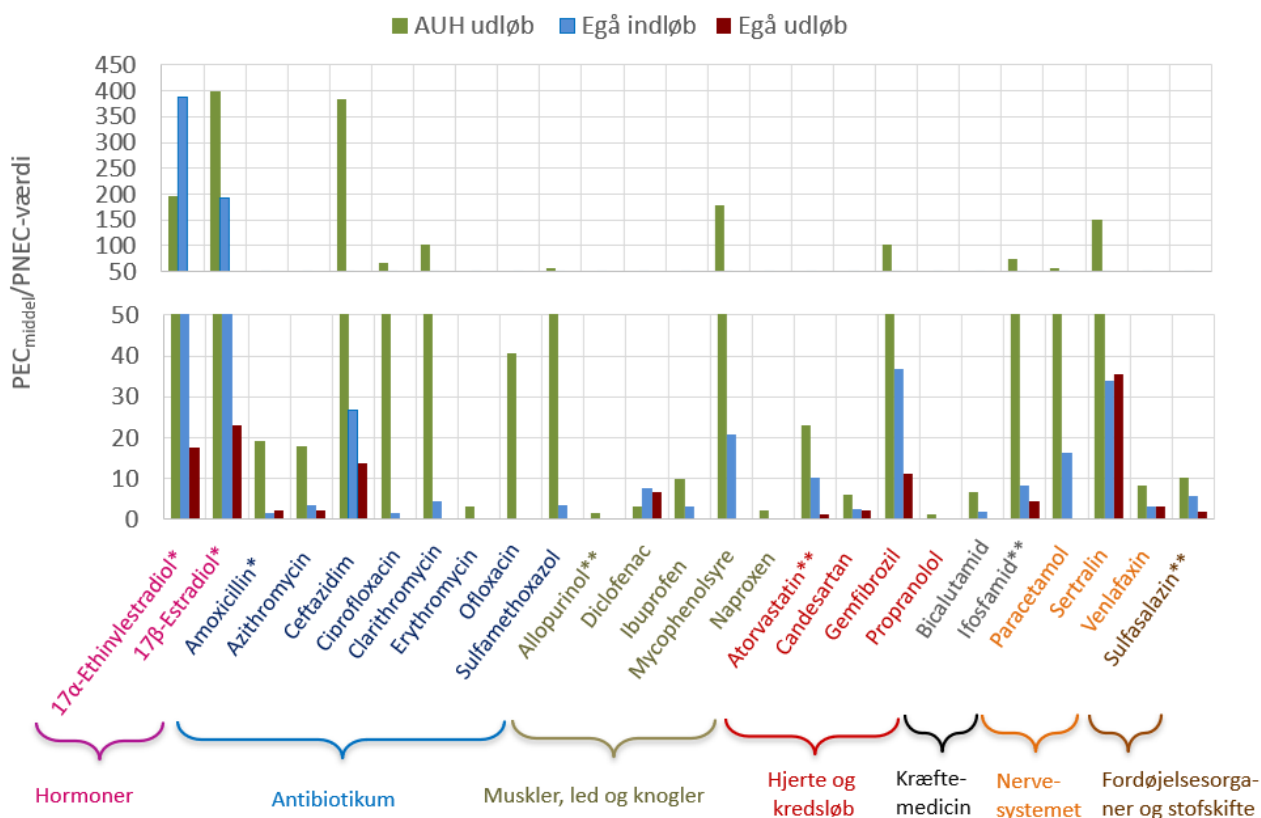
reduceres overskridelserne af PNEC-værdier til 13 fokusstoffer, dvs. at koncentrationen af 7 fokusstoffer reduceres på renseanlægget til en gennemsnitskoncentration under PNEC-værdi (se Figur 7).



Figur 7: Antal af fokusstoffer med en middelkoncentration højere end PNEC-værdi ved AUH udløb og ved indløb og udløb ved Egå RA.

Figur 8 viser at 7 af de 25 fokusstoffer overskrider PNEC-værdier ved udløb fra AUH med mere end en faktor 100, 10 fokusstoffer overskrider PNEC-værdier med en faktor mellem 10-100, og de resterende 8 fokusstoffer overskrider PNEC-værdier med en faktor 1-10. Bemærk usikkerheder på målinger og PNEC-værdier, se Tabel 2.

Anvendelsesområderne for de 25 fokusstoffer er meget forskellige, og angivet i Figur 8.



Figur 8: PEC_{middel}/PNEC-værdi og anvendelsesområder for 25 fokusstoffer. Vær opmærksom på: 1) skalaen på y-aksen og 2) nogle stoffer kan have flere anvendelsesområder (her er kun angivet ét). * Målkvalitetskrav jf. Bekendtgørelse 1625 /2./ ** PNEC = EC50/1000 /.7/8./

Det er vigtigt at tage hensyn til, at for nogle af fokusstofferne i Figur 8 med høj PEC_{middel}/PNEC-værdi i udløb af AUH, er der knyttet væsentlige usikkerheder på en eller flere parametre bl.a. antal målinger under detektionsgrænsen, højere detektionsgræseværdi end PNEC-værdi, usikkerhed i forhold til PNEC-værdi samt måleusikkerhed på laboratoriet. Dette gælder især for fokusstofferne: 17α-Ethinylestradiol, amoxicillin, ceftazidim, ciprofloxacin, ifosfamid, mycophenolsyre, sertralin, og sulfasalazin. Se i øvrigt Tabel 2 herunder for flere detaljer.

I Egå udløb er der foruden ovenstående stoffer også væsentlige usikkerheder for lægemidlerne 17β-Estradiol, atorvastatin og venlafaxin.

Tabel 2: Usikkerhedsvurdering knyttet til forskellige parametre for de målte lægemiddelstoffer, hvor PNEC-værdier er overskredet. Grøn betyder lav, gul middel og rød høj usikkerhed.

Lægemiddelstof	Antal af målinger under detektionsgrænseværdi ud af 9 målinger per prøveudtagningspunkt			Detektionsgrænse delt med PNEC eller lign.	Stabilitetscore PNEC	Exp. måleusikkerhed i %
	AUH udløb	Egå indløb	Egå udløb			
17β-Estradiol *	Grøn	Grøn	Rød	Rød	Gul	Gul
17α-Ethinylestradiol *	Gul	Gul	Rød	Rød	Gul	Gul
Allopurinol **	Rød	Rød	Rød	Grøn	Gul	Gul
Amoxicillin *	Rød	Rød	Rød	Gul	Gul	Gul
Atorvastatin **	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Gul	Rød
Azithromycin	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Gul
Bicalutamid	Rød	Grøn	Grøn	Gul	Grøn	Gul
Candesartan	Grøn	Grøn	Grøn	Gul	Grøn	Gul
Cefalexin **	Rød	Rød	Rød	Gul	Gul	Rød
Ceftazidim	Rød	Grøn	Gul	Rød	Grøn	Rød
Ciprofloxacin ***	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Rød	Gul
Clarithromycin ***	Grøn	Grøn	Grøn	Gul	Grøn	Gul
Diclofenac ***	Grøn	Grøn	Grøn	Gul	Grøn	Gul
Erythromycin	Gul	Grøn	Rød	Grøn	Grøn	Gul
Fulvestrant	Rød	Rød	Rød	Rød	Grøn	Rød
Gemfibrozil	Grøn	Grøn	Grøn	Gul	Grøn	Gul
Ibuprofen ***	Grøn	Grøn	Rød	Grøn	Grøn	Gul
Ifosfamid **	Rød	Grøn	Grøn	Gul	Gul	Rød
Mycophenolsyre	Grøn	Grøn	Rød	Gul	Grøn	Rød
Naproxen	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Gul
Ofloxacin	Rød	Grøn	Gul	Grøn	Grøn	Gul
Paracetamol	Grøn	Grøn	Rød	Grøn	Grøn	Gul
Propranolol	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Gul
Sertralin	Gul	Rød	Rød	Rød	Grøn	Rød
Spironolacton **	Rød	Rød	Rød	Gul	Gul	Gul
Sulfamethoxazol ***	Grøn	Grøn	Grøn	Gul	Grøn	Gul
Sulfasalazin **	Rød	Rød	Rød	Rød	Gul	Rød
Venlafaxin	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Grøn	Rød

*Miljøkvalitetskrav jf. Bekendtgørelse 1625 /2./

** PNEC = EC50/1000 /7./8./

*** Analysemetode akkrediteret efter ISO 17025

Af nedenstående tabel fremgår efter hvilke værdier usikkerhederne er rubriceret som grøn, gul eller rød jf. ovenstående Tabel 2.

Tabel 3: Forklaring af usikkerhedsvurdering i Tabel 2

Emne	Grøn	Gul	Rød
Antal målinger under detektionsgrænsen*	0-2	3-4	5-9
Detektionsgrænse delt med PNEC	<0,3	0,3 til 2	>2
Stabilitetsscore PNEC	≤2	Mangler	≥3
Exp. måleusikkerhed i % oplyst af laboratorium	<10%	10 - 65% eller mangler	>65%

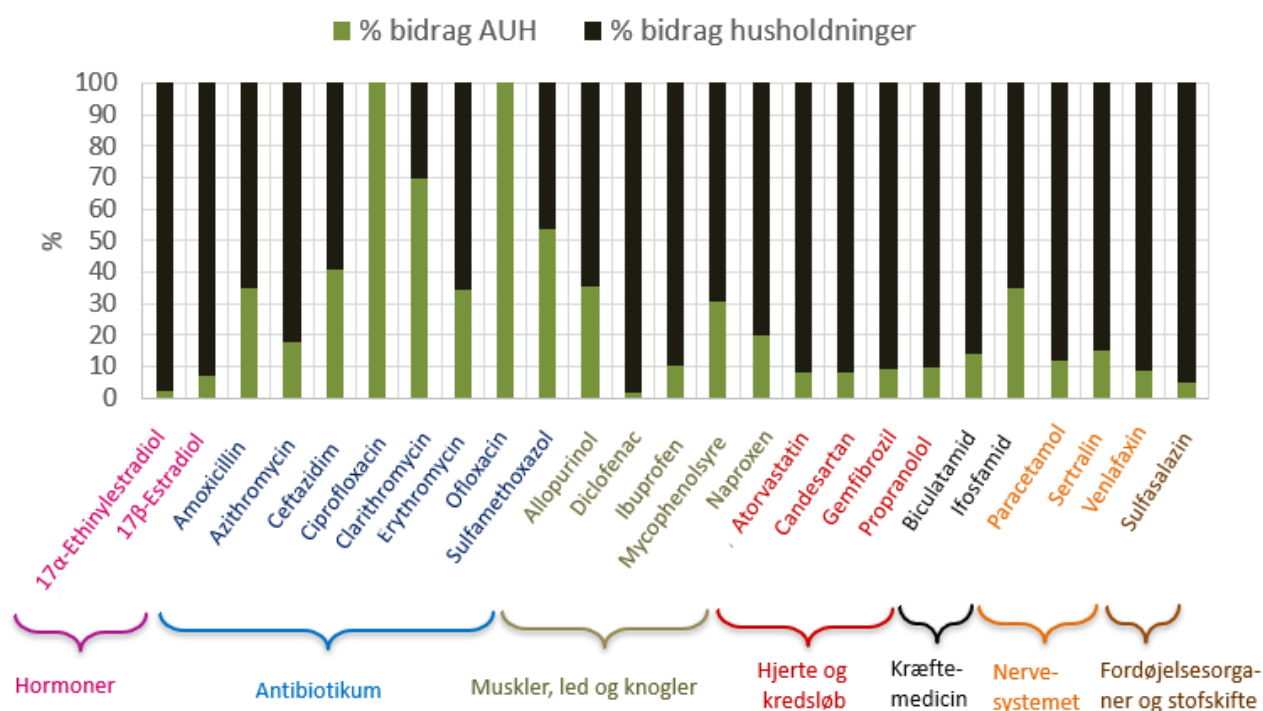
* Ved AUH udløb hvis målingerne er under detektionsgrænseværdien i en af brøndene, anses det at AUH udløbsmåling er under detektionsgrænsen

6.2 Massebalancer - bidrag af lægemiddelstoffer fra AUH og husholdninger

6.2.1 Fokusstoffer

De to hovedkilder til lægemiddelstoffer i spildevandet til Egå RA er hospitalsspildevand fra AUH og spildevand fra husholdningerne i oplandet til Egå RA.

Resultaterne fra dette analyseprogram viser, at AUH gennemsnitligt bidrager med 13% af den samlede mængdebelastning (kg) for de identificerede 25 fokusstoffer. I forlængelse heraf skal det bemærkes, at bidraget af paracetamol og ibuprofen vejer tungt. Gennemsnitligt udgør disse to stoffer alene ~ 90% af den samlede mængde af de 25 fokusstoffer i indløbet til Egå RA. Hovedkilden til begge to er husholdningerne med et bidrag på 90% (Figur 9). Ses der bort fra de to lægemidler er det gennemsnitlige bidrag fra AUH for de resterende 23 fokusstoffer 23%, opgjort som mængdebelastning (kg).

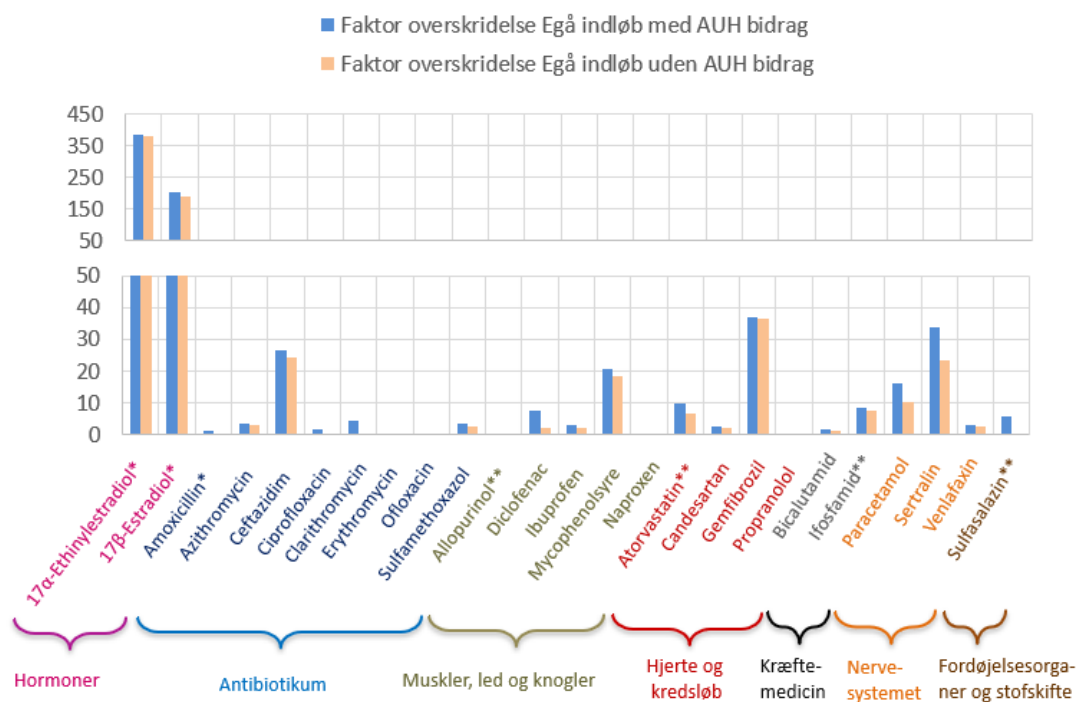


Figur 9: Procentmæssigt bidrag af fokusstofferne fra AUH og husholdninger til Egå RA (indløb)

På Figur 9 ses, at bidraget fra AUH er meget varierende fra 1% til 100% - afhængigt af fokusstoffet. AUH's bidrag for de enkelte fokusstoffer er under 40% hvis der ses bort fra 5 antibiotika (ceftazidim, ciprofloxacin, clarithromycin, ofloxacin og sulfamethoxazol). Derfor er der generelt ikke tale om, at der udledes specifikke fokusstoffer lokalt fra AUH, som ikke udledes fra husholdningerne. Af de 5 nævnte antibiotika er det kun cefazidim, hvor PNEC-værdien overskrides i udløbet af Egå RA (Figur 8). Det skal bemærkes at cefazidim $PEC_{\text{middel}}/PNEC\text{-værdi}$ har væsentlige usikkerheder (se Tabel 2)

Procentdelene vist i Figur 9 skal tages som en generel indikation. Usikkerhed relateret til detektionsgrænseværdi og analysemetode måleusikkerhed er vist i Tabel 2.

En anden måde at anskue belastningsfordelingen mellem AUH og husholdningerne på er, at se hvor mange lægemiddelstoffer af de 25 fokusstoffer, som overskrider PNEC-værdierne i indløbet ved Egå RA, hvis hovedkilden fra AUH blev total fjernet ved en decentral rensning.



Figur 10: Faktoroverskridelse (PEC/PNEC-værdi) for fokusstoffer med og uden AUH's bidrag. Bemærk skala på y-aksen. * Miljøkvalitetskrav jf. Bekendtgørelse 1625 /2./ . ** PNEC = EC50/1000 /7./8./

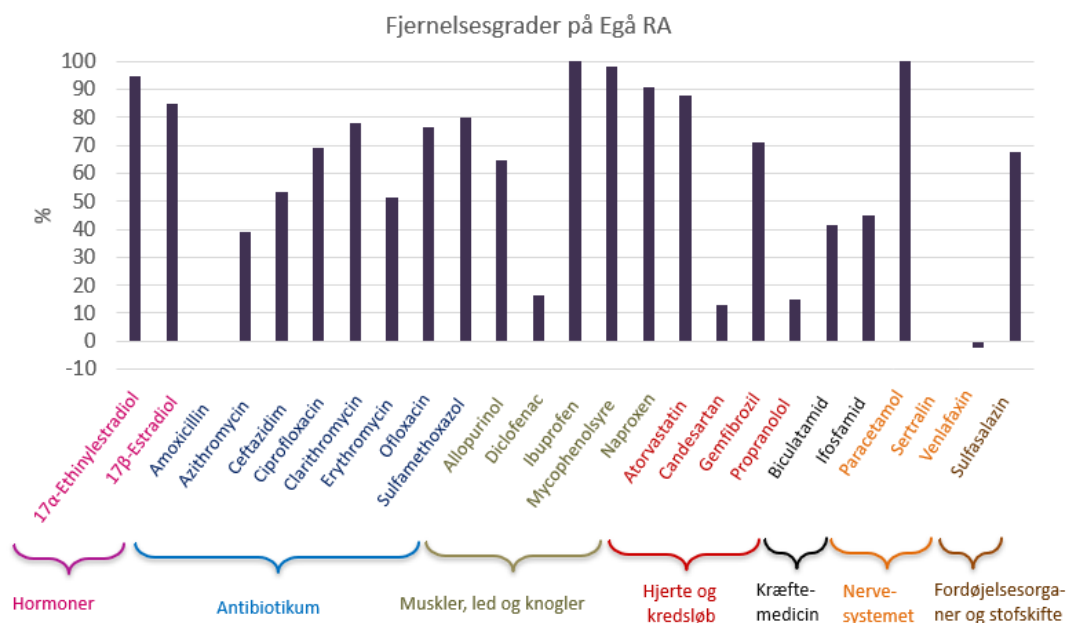
Af Figur 10 ses, at koncentrationerne af 16 ud af de 25 fokusstoffer stadig overskrider PNEC-værdierne i indløb ved Egå RA (sandfarvede søjler) alene baseret på tilledning fra husholdningerne i oplandet. Inkluderer bidraget fra AUH er det 20 af de 25 fokusstoffer, der overskrider PNEC (blå søjler).

6.2.2 Andre væsentlige lægemiddelstoffer fra AUH

Procentmæssigt bidrag fra AUH til indløb af Egå RA for alle de målte lægemiddelstoffer kan ses i Bilag 6. Bidraget fra AUH er mere end 40% for kun 12 af de 62 målte lægemiddelstoffer. 5 af dem (ceftazidim, ciprofloxacin, clarithromycin, ofloxacin og sulfamethoxazol) er inkluderet i fokusstofflisten. De andre er: 3 kontraststoffer (iohexol, iomeprol, iopamidol), 3 antibiotika (N4-Acetyl-sulfamethoxazol, penicillin G, trimethoprim) og 1 kræftpreparat (methotrexat). For disse er der ikke fundet PNEC-værdier for iopamidol, methotrexat, N4-Acetyl-sulfamethoxazol og penicillin G. Penicillin G har en meget lav fjernelsesgrad på Egå RA, mens fjernelsesgraderne af de andre 3 stoffer er over 77% (se Bilag 6).

6.3 Fjernelsesgrader på Egå Renseanlæg

Der ses generelt en god fjernelse af mange lægemiddelstoffer på det eksisterende Egå RA. Fjernelsesgrader for fokusstofferne baseret på gennemsnitskoncentration for indløb og udløb vises i Figur 11.



Figur 11: Fjernelsesgrader for de 25 fokusstoffer på Egå RA.

Fjernelsesgrader for amoxicillin og sertraline er behæftet med væsentlige usikkerheder, da den målte koncentration i indløb og udløb ved Egå RA er under detektionsgrænselværdien ved 8 ud af 9 prøvetagninger. Derfor er fjernelsesgraden for disse 2 lægemiddelstoffer udeladt af Figur 11.

Det er beregnet en negativ fjernelsesgrad for venlafaxin. Negative rensegrader er ikke nødvendigvis reelle, idet metode- og måleusikkerheden er betydelig.

Fjernelsesgraderne for atorvastatin, ceftazidim, ifosfamid, mycophenolsyre og sulfasalazin er behæftet med en høj usikkerhed (se Tabel 2). Fjernelsesgraderne af 17 β -Estradiol, 17 α -Ethinylestradiol, erythromycin, ibuprofen og paracetamol er sandsynligvis højere end angivet i Figur 11, fordi de målte koncentrationer i udløbet af Egå er ofte under detektionsgrænselværdier, mens de målte koncentrationer i indløbet af Egå RA er over detektionsgrænselværdier (se Tabel 2).

Fjernelsesgrader for de forskellige fokusstoffer er meget varierende fra -2 til 99,9%. 10 af de 25 fokusstoffer har en fjernelsesgrad højere end 75%. Af disse 10 fokusstoffer er 4 af de 5 antibiotikastoffer (ciprofloxacin, clarithromycin, ofloxacin og sulfamethoxazol) inkluderet hvor bidraget fra AUH er over 40% (Figur 9). Det resterende fokusstoffer, hvor AUH bidrager mere end 40% (ceftazidim), har en fjernelsesgrad på ~ 55%.

Gennemsnitligt ses der en fjernelsesgrad for 22 af de 25 lægemiddelstoffer på 63% (amoxicillin, sertraline, venlafaxin er ikke medregnet jf. ovenstående). I Bilag 6 findes fjernelsesgrader for alle 62 lægemiddelstoffer oplyst.

7 Resultater af analyseprogram for resistente bakterier

Af de prøver der er udtaget fra S14 ses det at indholdet af resistente bakterier er højere sammenlignet med andre prøveudtagningslokaliteter på AUH. Ved senere detailkortlægning af indholdet af resistente bakterier i spildevandet på AUH vil det således være relevant at måle i flere strategisk udvalgte delbrønde.

7.1 Resultater for ubehandlet spildevand

Analyseresultaterne for resistente bakterier (baseret på det valgte fokusstof: ciprofloxacin) i spildevandet viser væsentlige forskelle på forskellige lokaliteter på AUH. Særligt i brønd S14, som forsyner infektionsmedicinsk afdeling er der målt høje koncentrationer af resistente bakterier. Selvom der kun er udtaget og analyseret tre prøver fra denne brønd, så viser analyseresultaterne, at indholdet af resistente bakterier er markant højere end i de øvrige spildevandsstrømme på AUH. En beskrivelse af AUH brøndenes placering findes i afsnit 4.3.1.

Tabel 4: Målte koncentration af resistente bakterier.

Lokalitet	Antal resistente bakterier CFU/mL	Antal prøvedage
Egå indløb	32.636	11
Egå udløb	39	11
S14 (AUH)	362.333	3
S175 (AUH)	87.000	4
S6 (AUH)	130.714	7
S90 (AUH)	177.455	9

Såfremt der arbejdes mere konkret med reduktion af resistente bakterier i spildevandet lokalt på AUH, vil det være interessant at undersøge dette forhold nærmere og derved vurdere, om brønd S14 skal være et injektionspunkt for pereddikesyre.

7.2 Resultater vedr. reducere af resistente bakterier

Det fremgår af **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**, at AUH udleder resistente bakterier i høje koncentrationer. Det er således tydeligt, at der ved fjernelse eller reduktion af de resistente bakterier fra spildevandet vil opnås et bedre arbejdsmiljø for medarbejder i spildevandsinfrastruktur.

Af analyseresultaterne ses, at der sker en næsten 100% fjernelse af resistente bakterier i forbindelse med rensningen på Egå RA. Baseret på 11 analyserunder.

Måleresultater fra tidligere gennemført forsøg viser, at det er muligt at reducere tilstedeværelsen af resistente bakterier i det urensede spildevand fra AUH ved direkte injektion af pereddikesyre i kloakken. I det omfang der vælges at fokusere på fjernelse af lægemiddelstoffer centralt på Egå RA, vil det således kunne suppleres med fjernelse af resistente bakterier lokalt på AUH, således at eksponering af spildevandsmedarbejdere med resistente bakterier reduceres mest muligt.

Tabel 5: Reduktionsgrader af ciprofloxazin resistente bakterier i det urensede spildevand fra AUH

Dato	Pereddikesyre konc. og reaktionstid	Tilbageværende resistente bakterier efter pereddikesyre behandling	Reduktion af ciprofloxazin resistente bakterier i %
2019-01-08	70 mg/l – 2 min	61.000	48
2019-01-08	70 mg/l – 3 min	10.300	91
2019-01-08	70 mg/l – 5 min	3.700	97
2019-01-08	90 mg/l – 2 min	17.200	85
2019-01-08	90 mg/l – 5 min	1.950	98
2019-01-08	110 mg/l – 2 min	1.190	99
2019-01-08	110 mg/l – 3 min	1.250	99
2019-01-08	110 mg/l – 5 min	1.360	99

Hvilken koncentration af pereddikesyre der vil være behov for at benytte, afhænger af den konkrete placering af et injektionsanlæg på AUH. Desto længere væk fra udløb til offentlig kloak, injektionsanlægget kan placeres desto længere reaktionstid mellem pereddikesyre og bakterier kan der opnås inden sammenblanding med det øvrige spildevand i den offentlige kloak. Den nødvendige dosis pereddikesyre pr. liter spildevand vil dermed blive reduceret. Rapporten fra det gennemførte forsøg på AUH er vedlagt som Bilag 7.

8 Miljømæssige konklusioner

8.1 Hvor opnås den største miljøeffekt

Resultaterne fra analyseprogrammet gennemført i 2019 og 2020 viser, at AUH er en punktkilde til udledning af lægemiddelstoffer baseret på den liste af lægemiddelstoffer, der er omfattet af analyseprogrammet (62 lægemiddelstoffer). Grundet den store behandlingsaktivitet og deraf medicinforbruget på hospitalet var det forventet. Det er dog væsentligt at bemærke, at kun 13% af den samlede mængde (kg) af lægemiddelstoffer (eksklusive kontraststoffer, jf. kapitel 6) som er omfattet af kortlægningen udledes fra AUH. Således udledes 87% af den samlede mængde fra husholdningerne.

Der er identificeret 25 fokusstoffer fra hospitalet, hvor koncentrationen i udløb fra AUH i gennemsnit er potentielt højere end PNEC-værdier. Af disse 25 fokusstoffer udledes 5 stoffer (antibiotika) i procentvist store mængder fra AUH. Mere end 40% af den udledte mængde af disse stoffer udledes fra AUH. Det gælder dog for samme antibiotika, at der allerede i dag sker en stor fjernelse af disse på Egå RA. Konkret er der målt fjernelsesgrader på 70-80% for 4 af de 5 omfattede antibiotika. Kun ét antibiotikum (ceftazidim) har en lavere fjernelsesgrad på omkring 55%. Den miljømæssige effekt af en decentral rensning er begrænset selv for disse lægemiddelstoffer, da Egå RA allerede har høje fjernelsesgrader.

Det er ligeledes konstateret, at den klart største miljøbelastning (PEC/PNEC) for de undersøgte lægemiddelstoffer (25 fokusstoffer) kommer fra husholdninger, når de undersøgte lægemiddelstoffer ses under et.

De lægemiddelstoffer, der umiddelbart kunne se ud til at have den største miljøbelastning (PEC/PNEC værdi) (Figur 8) og således potentielt bidrager mest til den toksiske belastning af spildevandet er hormoner (17 β -Estradiol og 17 α -Ethinylestradiol). Dog er konklusionen ift. udløbet på Egå RA usikker, da målingerne af disse stoffer er behæftet med store usikkerheder. Konkret fordi detektionsgrænsen for disse hormoner er væsentligt højere end de målte koncentrationer.

Det skal desuden bemærkes, at denne usikkerhed vedrørende udløbet fra Egå RA bunder i en høj fjernelsesgrad af disse stoffer (> 80 %). Hormonstofferne stammer for langt hovedpartens vedkommende fra husholdningerne (ca. 90%).

Den miljømæssige belastning fra de enkelte lægemiddelstoffer opgjort som overskridelse af PNEC ved PEC/PNEC fremgår af Figur 10 ses det, at effekten ved at fjerne lægemiddelbidraget i spildevandet fra AUH er beskeden sammenholdt med den samlede beregnede miljøbelastning baseret på de gennemførte analyseprogrammer.

Det skal bemærkes, at kortlægningen som denne rapport er baseret på, alene har fokuseret på et begrænset antal lægemiddelstoffer, hvoraf en stor del er udvalgt med forventning om, at netop disse stoffer vil være til stede i hospitalsspildevandet i særlig høj grad. Dette har vist sig ikke at være tilfældet. Alle andre lægemidler, hvor forbruget mere eller mindre udelukkende er i husholdningerne, er ikke inkluderet i undersøgelsen. Andre kilder til mikroforurening er heller ikke inkluderet i kortlægningen. Det er således væsentligt at holde sig for øje, at gevinsten ved at rense for lægemidler generelt samt andre mikroforureninger på Egå RA, vil vægte til fordel for en central rensning af spildevand fra AUH.

8.2 Placering af rensning

Set ud fra et miljømæssigt perspektiv alene, opnås den markant største miljøeffekt ved central rensning af lægemiddelstoffer på Egå RA. I det videre forløb skal omkostninger til etablering af et ekstra rensetrin på Egå RA derfor undersøges nærmere, med henblik på at kvantificere, hvad omkostningerne ved fjernelse af lægemidlerne ved central rensning vil være.

Fjernelse af lægemiddelstoffer fra spildevandet decentralt på AUH vil kræve etablering af fuldrensning af spildevandet. Desuden er aktiviteterne knyttet til hospitalet af en karakter, der gør det vanskeligt at fjerne delstrømme, som ellers ses som praksis ved "almindelige" virksomheder.

Fjernelse af lægemiddelstoffer centralt på Egå RA vil forventeligt kunne ske ved enten etablering af et ekstra renselinje eller en optimering af det tertiære renselinje på det eksisterende anlæg. Kombineret med mulighederne for også at fjerne bidraget fra almindelige husholdninger, som bidrager med størstedelen (87% målt i vægt), vil det forventeligt være muligt, at fjerne lægemiddelstoffer på Egå RA til en væsentligt lavere enhedspris pr. m³ end på AUH.

På baggrund af denne rapport anbefales en nærmere vurdering af miljøeffekten på recipienten og udarbejdelse af skitseprojekt til belysning af de økonomiske omkostninger forbundet med central rensning til forskellige definerede kvalitetskrav. Eftersom der ikke er fastsatte miljøkvalitetskrav for alle lægemiddelstoffer omfattet af denne rapport, vil det være relevant at evaluere, hvor stor en reduktion i den miljømæssige belastning, der opnås ved rensning til forskellige krav. Dette, sammenholdt med omkostningsniveauet forbundet med de teknologiske løsninger, kan efterfølgende danne ramme og grundlag for beslutning om hvilken løsning der mest fordelagtigt kan vælges. Såvel i forhold til krav til det rensede spildevand som valg af teknologi til løsning af opgaven.

8.3 Vurdering af teoretisk og praktisk kortlægning

Lægemiddelstofferne omfattet af det gennemførte analyseprogram udledes i høj grad fra husholdningerne (87%) og følgelig i mindre grad fra AUH (13%). Resultaterne fra det gennemførte analyseprogram er således i tråd med den tidligere gennemførte teoretiske kortlægning af lægemiddeludledning baseret på udtræk fra EPJ i Region Midtjylland. Denne kortlægning viste, at andelen af miljøbelastningen ved PEC/PNEC for de kortlagte lægemiddelstoffer, der udledes fra husstande, var stigende i kortlægningsperioden 2011-2017, hvor andelen i 2016 og 2017 var over 90%.

Det skal i den sammenhæng bemærkes, at der er målt for flere lægemiddelstoffer i det praktiske måleprogram end der er omfattet af den teoretiske EPJ baserede mængdeopgørelse af lægemiddelforbruget, de nævnte procentværdier er derfor ikke direkte sammenlignelige. Overordnet kan samme konklusion dog drages. AUH er en punktkilde i forhold til udledning af lægemiddelstoffer jævnfør såvel de praktiske målinger som den teoretiske mængdeopgørelse, men den langt overvejende mængde og miljøbelastning kommer fra husholdningerne i oplandet til Egå RA.

8.4 Resistente bakterier

Som for de målte lægemiddelstoffer viser analyseresultaterne, at AUH er en punktkilde i forhold til resistente bakterier i spildevandet. Desuden viser resultater, at 99,9% af den fulde mængde resistente bakterier fjernes ved Egå RA.

Den væsentlige udfordring er hensyntagen til arbejdsmiljøet for spildevandsmedarbejderne, så infektioner med resistente bakterier undgås. Yderligere kan der være udfordringer med resistente bakteriers udledning til vandmiljøet ifm. skybrudshændelser, hvor der kan opstå overløb på kloaksystemet. Resistente bakterier kan imidlertid reduceres kraftigt ved etablering af decentral behandling af spildevandet ved AUH.

I pilotprojekt på AUH er det dokumenteret, at der ved injektion af pereddikesyre direkte i det rå spildevand lokalt på AUH kan reduceres kraftigt i de resistente bakterier med over 99% afhængig af dosis og opholdstid, hvorved eksponering af spildevandsmedarbejderne kan reduceres til et niveau svarende til det, der findes i almindeligt husholdningsspildevand.

8.5 Usikkerheder

Der er en række usikkerheder i forbindelse med analyseprogrammet. Det er konkret i forhold til:

- manglende akkreditering af målinger for nogle af de omfattede lægemiddelstoffer (Bilag 4)
- stor måleusikkerhed af analysemetoder (Bilag 4)
- store forskelle i spredningen, angivet som minimum og maksimum for de enkelte lægemiddelstoffer (Bilag 5)
- en del målinger er under detektionsgrænseværdier (Tabel 2)
- detektionsgrænser er større end PNEC (Tabel 2)
- væsentlige usikkerheder for nogle PNEC-værdier (Bilag 2)
- PNEC-værdier er estimeret på baggrund af andre toksicitetsværdier fra litteraturen, og forbundet med store usikkerheder, og nogle lægemiddelstoffer mangler stabilitetsscore (Bilag 2).
- 15 af de 62 lægemiddelstoffer mangler PNEC værdi (Bilag 2).

I Tabel 2 er forskellige parametre for usikkerheder oplyst for fokusstofflisten. De enkelte usikkerheder er med overlæg oplyst separat for at sikre transparens og forståelse af, hvori usikkerheder for de enkelte lægemiddelstoffer ligger, da betydning og konsekvens af de enkelte usikkerheder for hver af stofferne varierer. Tabellen viser, at der er større eller mindre usikkerheder forbundet med alle stoffer, og at der således er behov for at tage dette med i overvejelserne i forbindelse med den videre behandling og beslutningstagning.

Med ovenstående in mente er resultaterne og deraf følgende konklusioner i denne rapport fremkommet ved størst mulig grundighed i forbindelse med såvel prøveudtagning samt hele databehandlingen, men usikkerheden i de bagved liggende forudsætninger er intakte.

9 Konklusioner og anbefalinger opsummeret

Opsummeret kan følgende konklusioner og anbefalinger oplistes:

Konklusioner

- Den største miljøeffekt opnås ved central rensning af lægemiddelstoffer på Egå RA.
- De gennemførte kortlægninger (teoretisk såvel som praktisk) angiver, at den primære kilde til lægemiddelstoffer i spildevandet er husholdninger.
- Eksklusiv kontraststof² udgør bidraget af lægemiddelstoffer fra husholdninger i Egå RA indløb 87% i de praktisk gennemførte målinger.
- Den primære kilde til den miljøbelastning fra lægemiddelstoffer i spildevandet målt på PEC/PNEC er husholdninger (Figur 10).
- Det er identificeret 25 fokusstoffer fra udløb AUH som udgør en potentiel belastning af vandområdet.
- Der udledes generelt de samme fokusstoffer fra AUH og fra husholdningerne.
- AUH's bidrag til Egå RA for henholdsvis 20 af de 25 fokusstoffer og 50 af de 62 målte lægemiddelstoffer er under 40%.
- 5 fokusstoffer (antibiotika: ceftazidim, ciprofloxacin, clarithromycin, ofloxacin og sulfamethoxazol) udledes i høj grad fra AUH (40-100%). 4 af 5 stoffer fjernes i høj grad på Egå RA (70-80% for ciprofloxacin, clarithromycin, ofloxacin og sulfamethoxazol).
- Måleprogrammet og de modtagne analyseresultater har identificeret betydelige analyseusikkerheder på en række parametre. Det kan have betydelig indflydelse på hvilke lægemiddelstoffer der udvælges til fokuslisten.
- Udledt spildevand fra AUH har et forhøjet indhold af resistente bakterier og visse delstrømme fra AUH indeholder store mængder resistente bakterier.
- Tidligere gennemført pilotforsøg har vist, at det er muligt at foretage en effektiv reduktion af resistente bakterier ved AUH inden udløb til det offentlige kloaksystem ved at tilsætte pereddikesyre i råspildevandet.

Anbefalinger vedr. renseløsninger i Aarhus

- Udarbejdelse af økonomisk overslag på fjernelse af lægemiddelstoffer fra spildevandet centralt på Egå RA baseret på stillede vandkvalitetskrav fra Aarhus Kommune.
- Hvis det senere konkluderes, at der skal ske central rensning for lægemiddelstoffer på Egå renseanlæg, så anbefales det, der stilles krav om decentral rensning for resistente bakterier på AUH.

Anbefalinger vedr. nationale datagrundlag

- Udarbejdelse af mere solide PNEC-værdier, som grundlag for myndighedernes regulering på området, således at transparente vandkvalitetskrav kan opstilles på tværs af landet.
- Udvikling af akkrediterede analysemetoder for at mindske usikkerheder ved detektionsgrænseværdier og måleusikkerheder og dermed styrke udvælgelsen af lægemiddelstoffer

10 Referencer

Udledning af spildevand reguleres jf.

1. LBK nr. 1218 af 25/11/2019 Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse.
2. BEK nr. 1625 af 19/12/2017 Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand.
3. BEK nr. 1433 af 21/11/2017 Bekendtgørelse om krav til udledning af visse forurenende stoffer til vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og havområder.
4. BEK nr. 1317 af 4/12/2019 Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.
5. Miljøstyrelsens vejledning nr. 2, 2006 Tilslutning af industrispildevand til offentlige spildevandsanlæg.
6. Miljøstyrelsens vejledning nr. 28 af 15/6/2018 Spildevandsvejledningen til bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.
7. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 4/2004 Principper for fastsættelse af vandkvalitetskriterier for stoffer i overfladevand https://nst.dk/media/nst/Attachments/principperforfastsaettel-senr42004_282585341.pdf
8. Miljøprojekt nr. 690, 2002 Udledning af miljøfarlige stoffer med spildevand <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2002/87-7972-107-9/html/kap02.htm>

Udtalelser fra Miljøstyrelsen

9. 16. maj 2011 brev fra Miljøministeriet. Henstilling til sikring af at hospitaler har en tilslutningstilladelse der sikrer, at lægemiddelstoffer ikke giver anledning til uønskede effekter i vandmiljøet.
10. 16. juli 2018 brev fra Miljøstyrelsen, Vandforsyning.
11. 23. april 2019 brev fra Miljøstyrelsen, Vandforsyning. Vejledende udtalelse vedrørende hospitals-spildevand.

Andet

12. Forslag til administrationsgrundlag for lægemiddelstoffer i hospitalsspildevand, anbefalede maksimale koncentration ved tilslutning til kloak, Input til KL's Arbejdsgruppe omkring hospitalsspildevand, DHI. Opdateret 10. august 2015 (33+3 listen)
13. EU Watch liste fra den 3. juli 2018 over stoffer, der skal overvåges i EU's overfladevand; <https://ec.europa.eu/jrc/en/science-update/updated-surface-water-watch-list-adopted-commission>
14. EU-forslag til vandrammedirektivet; https://mst.dk/media/113840/vandrammedirektivet_2001.pdf
15. "Verordnung des UVEK zur Überprüfung des Reinigungseffekts von Maßnahmen zur Elimination von organischen Spurenstoffen bei Abwasserreinigungsanlagen vom 3. November 2016 (Stand am 1. Dezember 2016)" <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20160123/index.html#a4>
16. Miljøstyrelsens Novana program; <https://mst.dk/media/141463/novana-2017-21-programbeskrivelse.pdf>
17. Kritiske stoffer jf. måleresultater fra Egå med tilhørende DHI rapport i 2012
18. EMEA, European Medical Agency, 2006. Guideline on the environmental risk assessment of medical products for human use. s.l. : EMEA/CHMP/SWP/4447/00. June 2006.
19. BEK nr. 1770 af 28/11/2020 (Gældende) - Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger

11 Bilag

Bilag 1: Grunddata fra AUH

Bilag 2: 62 lægemidler, ATC-koder, PNEC-værdier, sikkerhedsfaktor

Bilag 3: COD og SS-analyser samt COD rensgrad på Egå RA

Bilag 4: Analysemetoder og måleusikkerheder

Bilag 5: Middel, maksimale og minimale koncentrationer for alle de målte lægemiddelstoffer

Bilag 6: AUH-bidrag til Egå RA og fjernelsesgrader for alle de målte lægemiddelstoffer

Bilag 7: Rapport fra TI, "Disinfection of hospital wastewater"

12 Ordliste

AUH	Aarhus Universitets Hospital
Egå RA	Egå Renseanlæg
Husholdninger	Private hjem samt erhverv i oplandet til Egå RA
PNEC	Predicted No Effect Concentration. I denne rapport dækker begrebet over PNEC-værdier, EC50 og miljøkvalitetskrav
PEC	Predicted environmental concentration
Udløb AUH	AUH tilslutningspunkt til den offentlige spildevandsledning
Miljøbelastende lægemiddel	Et miljøbelastende lægemiddelstof er i denne rapport defineret som et lægemiddel, hvor den målte koncentration af stoffet i spildevandet (PEC) er større end den anbefalede maksimale koncentration (PNEC)