

VISTIN PHARMA

VURDERING AV MILJØEFFEKTER AV UTSLIPP FRA VISTIN PHARMA ETTER UTVIDELSE



COWI

VISTIN PHARMA

VURDERING AV MILJØEFFEKTER AV UTSLIPP FRA VISTIN PHARMA ETTER UTVIDELSE

OPPDRAGSNR.

A260631

DOKUMENTNR.

RAP-02-A230631

VERSJON

4

UTGIVELSESDATO

24.10.2022 (v1)
13.01.2023 (v2)
14.02.2023 (v3)
23.06.2023 (v4)

BESKRIVELSE

Miljøvurdering

UTARBEIDET

Liv Bruås Henninge

KONTROLLERT OG GODKJENT

Roger Konieczny

INNHOOLD

1	Bakgrunn	4
2	Tidligere miljøvurderinger	5
2.1	Vannovervåkingen 2015, 2017 og 2021	5
2.2	Ekstraprøver fra ulike fjordområder (guanylurea)	5
2.3	Spredningsberegninger	6
3	Grunnlagsdata for miljøvurderingen	7
3.1	Påslipp til kommunalt avløpsnett	7
3.2	Omsøkte utslippsparametere	7
4	Litteratursøk	9
4.1	Generelle prinsipper	9
4.2	Økotoksikologisk informasjon om utslippsforbindelsene	9
4.3	Resipient	11
5	Miljøvurdering	13
5.1	Utslippsmengder i KOF og pe	13
5.2	Beregnete utslippsmengder (tank tømmes ila. ett døgn)	13
5.3	Beregnete utslippsmengder (tank tømmes ila. fire døgn)	16
6	Konklusjon	19
7	Referanser	20

1 Bakgrunn

Vistin Pharma er i en prosess der de søker om ny utslippstillatelse pga. planlagt økning av produksjonsvolum. Dette gjøres ved etablering av en parallell produksjonslinje som er identisk med eksisterende produksjonslinje. Gjeldende tillatelse tillater en produksjon på maksimalt 4400 tonn metformin (inkludert metformin HCl og metformin granulat), og Vistin Pharma søker om å øke den til 8000 tonn.

I utslippssøknaden opplyses det at utslippene til luft og vann vil øke sammenlignet med dagens situasjon. Selv om utslippene ikke øker utover den forrige tillatelsen, trengs en vurdering av miljøeffektene av planlagt / forventet utslipp med beskrivelse av miljøtilstanden i området, ref. forurensningsforskriften kapittel 36, § 36-2 "Innhold i søknad om tillatelse" punkt 8 og 9:

II. Søknaden

§ 36-2. Innhold i søknad om tillatelse

Søknad om tillatelse i medhold av [forurensningsloven § 11](#) og [§ 29](#) skal i den utstrekning det er relevant inneholde

1. søkerens navn og adresse,
2. entydig angivelse av den eller de eiendommer hvor virksomheten foregår,
3. redegjørelse for forholdet til eventuelle oversikts- og reguleringsplaner,
4. beskrivelse av anlegget, arten og omfanget av virksomheten og den teknologi som er valgt,
5. oversikt over råstoffer og hjelpestoffer,
6. beskrivelse av energikilder, forbruk av energi og energi som genereres av virksomheten,
7. beskrivelse av kildene til utslipp fra anlegget,
8. beskrivelse av alle utslipp til luft, vann og grunn som virksomheten kan forårsake og hvordan disse utslippene vil påvirke miljøet,
9. redegjørelse for miljøtilstanden i området der virksomheten ligger,
10. oversikt over interesser som antas å bli berørt av virksomheten, herunder en oversikt over hvem som bør varsles, jf. [§ 36-6](#) og [§ 36-7](#),
11. beskrivelse av tiltak for å forebygge og begrense generering av avfall, herunder muligheter for å forberede til gjenbruk, gjenvinning og utnyttelse av avfall som produseres som følge av virksomheten,
12. beskrivelse av teknikker som kan forebygge eller begrense forurensning og skadevirkningene av denne,
13. forslag til måleprogram for utslipp til det ytre miljø,
14. henvisning til vedtak eller uttalelser fra offentlige organer som saken har vært forelagt,
15. et sammendrag av konsekvensutredning der det skal være gjennomført, herunder oversikt over de vesentligste alternativer som søkeren har utredet, herunder alternative teknologiske løsninger.

Ved søknad om endring av tillatelse er det tilstrekkelig at søknaden inneholder opplysninger på de punkter hvor det er endringer i forhold til de faktiske forhold som ble lagt til grunn da gjeldende tillatelse ble utstedt.

Søknaden skal inneholde et sammendrag av de ovennevnte opplysningene.

Forurensningsmyndigheten kan gi utfyllende bestemmelser om søknadens form og innhold, og dersom det er nødvendig for behandlingen av saken, kreve ytterligere opplysninger enn de som er listet i punktene 1 til 15 ovenfor.

0 Endret ved [forskrift 26 juli 2016 nr. 950](#) (i kraft 1 aug 2016).

Denne rapporten tar for seg en forenklet miljøvurdering av omsøkte utslipp til Kilsfjorden via Kil renseanlegg (Kil ra). Vurderingen gjelder kun utslipp til vann.

2 Tidligere miljøvurderinger

Aquateam og COWI har gjennomført en rekke miljøvurderinger og miljøundersøkelser for Vistin Pharma tidligere. Under er det gitt et lite sammendrag av utvalgte rapporter.

2.1 Vannovervåkingen 2015, 2017 og 2021

Vistin Pharma har gjennomført vannovervåking av Kilsfjorden i 2015, 2017 og 2021. I disse undersøkelsene ble det tatt prøver av vann, sediment og biota for å påvise eventuelle spor av utslipp fra Vistin Pharma i resipienten.

Resultatene fra vannovervåkingen i 2021 (Henninge, 2022) viste at det var små rester av legemiddelet metformin i vannprøvene fra flere av prøvestasjonene. Konsentrasjonene viste delvis en forbedring fra forrige vannovervåkingen i 2017. Metformin ble den gang også påvist i porevannet fra sedimentprøvene på prøvestasjonene i Kilsfjorden (unntatt referansestasjonen), noe som ikke var tilfelle i undersøkelsen i 2021. Legemidlet ble ikke påvist i biotaprøvene. Resultatene tyder på at forbindelsen er vannløselig, men ikke bioakkumulerbar. Videre at nivåene har gått ned, mest sannsynlig pga. tiltakene som er gjennomført av Vistin Pharma, men også ombygging av Kil ra til også å inneholde et biologisk rensetrinn.

Vannprøven med høyest innhold av metformin var en prøve av overflatevann tatt i nærheten av utslippspunktet til Kil ra. Prøven inneholdt 200 ng/l metformin. Det ble ikke påvist innhold av metformins nedbrytningsprodukt guanylurea eller utgangsstoffet dicyandiamid i noen av vannprøvene.

Metformin er et legemiddel som er vanlig i bruk i befolkningene. Forbindelsen skilles ut med urinen nærmest uendret og ender opp i avløpsrensaneanleggene. Beregninger basert på størrelsen på Kil ra kan tyde på at en stor del av utslippet til Kilsfjorden kan stamme fra befolkningen i området og ikke kun fra Vistin Pharma.

2.2 Ekstraprøver fra ulike fjordområder (guanylurea)

Metformin kan brytes ned til nedbrytningsproduktet guanylurea. I forbindelse med vannovervåkingen i 2017, ble det gjennomført et tilleggsprosjekt der det ble tatt ut prøver fra andre fjordområder, for å sammenligne med prøvene fra Kilsfjorden.

Tilleggsprøvene som ble tatt i både overflate- og bunnvann lå ca. 2 km utenfor rensaneanleggene i hhv. Oslofjorden (Bekkelaget ra), Eidangerfjorden (Heistad ra) og Tønsberg (Tønsberg ra IKS), i tillegg til Kragerø (Kil ra). Alle viste innhold av metformin (Henninge, 2018), men det ble kun påvist guanylurea i Oslofjorden og Kilsfjorden. Bekkelaget ra har biologisk rensetrinn noe Kil ra ikke hadde på dette tidspunktet. Utslippet fra Bekkelaget ra stammer kun fra medisinforgbruk i befolkningen, da det ikke er produksjon av forbindelsen i dette området.

Tabell 1. Sammenheng av resultater fra prøvetaking i 2017. Vannprøver ble tatt ca. 0,5 m under overflaten (O) og ca. 1 m over bunn (B). (Henninge, 2018)

Lokalitet	Dato	Dyp	Metformin (ng/l)	Guanylurea (ng/l)	Totaldybde (m)	Koordinater
Oslofjorden	02.11.17	O	150	<43	35	N 59.877716 Ø 10.739200
		B	250	310		
Eidangerfjorden (Porsgrunn)	05.12.17	O	100	<44	101	
		B	<100	<53		
Tønsberg	05.12.17	O	120	<54	77	
		B	<110	<55		
Kilsfjorden (st. 4) (Kragerø)	26.04.17	O	120	220 000	76	N 58.847149 Ø 9.309867
		B	150	<2 600		
Referanse Kilsfjorden (Kragerø)	26.04.17	O	<110	<21 000	35	N 58.845184 Ø 9.495500

I vurderingen er det derfor gjort teoretiske beregninger på bidraget til utslipp til Kil ra av metformin og evt. om metformin omdannes til guanylurea i renseanlegget før utslipp til Kilsfjorden.

2.3 Spredningsberegninger

Canal-Vergés (2018) gjennomførte spredningsberegninger av utslipp fra Vistin Pharma i Kilsfjorden i 2018. Vurderingen tok utgangspunkt i påslippkonsentrasjoner til kommunalt nett basert på målinger gjort i 2018. Utslippsmengden til Kilsfjorden ble beregnet basert på to ulike fortyninger gjennom Kil ra, se Tabell 2. Spredningsberegningene i fjorden ble sammenlignet med akseptkriteriene, dvs. antatt nulleffektskonsentrasjoner (PNEC). I vurderingen ble påslippet fra Vistin Pharma fra en oppsamlingstank sluppet på nettet over seks døgn.

Tabell 2. Beregnede konsentrasjoner i utslippspunktet til resipienten Kilsfjorden. Det var ikke tatt hensyn til nedbrytning i renseanlegget (Canal-Vergés, 2018)

Komponent	Kons. i vann (mg/l)	Menge pr. dag (g/dag)	Konsentrasjon i utslippspunkt (mg/l)		PNEC (mg/l)
			(400 m ³ /dag)	(2000 m ³ /dag)	
Metformin	15,9	68,9	0,172	0,034	0,12
n-butanol	234,7	1017	2,543	0,509	0,008
DMA	1,7	7,4	0,018	0,004	0,006
DCDA	15	65	0,163	0,033	0,25

I de ulike modellerte scenariene ble metformin og DMA fortynt til nivåer lavere enn PNEC i den initielle innblandingen av avløpsvannet til fjorden. For begge forbindelsene er spredningen av stoffene i konsentrasjoner over akseptkriteriene (PNEC) begrenset til mindre enn en meter nedstrøms fra utslippspunktet, mindre enn en meter til sidene av utslippspunktet og 1-2 m over bunnen.

Maksimal nedstrøms avstand for n-butanol til å fortyntes til konsentrasjoner tilsvarende kriteriene (PNEC), for alle modellerte scenarier var 11 m og skjedde når anleggets utslippstrøm var lav (gjennomsnittlig utslipp, 400 m³/døgn) og fjordstrømhastigheten var høyest. Maksimal vertikal avstand (høyde) var 21 m (9 m dybde) og skjedde igjen når utslippstrømmen var lav (gjennomsnittlig utslipp, 400 m³/døgn), og strømhastigheten ved fjorden var den laveste (stillestående). Sideavstand til hver side, svingt mellom 1 og 2 m for alle modellerte scenarier.

3 Grunnlagsdata for miljøvurderingen

3.1 Påslipp til kommunalt avløpsnett

Produksjonen på Vistin Pharma skjer batchvis, og det genereres ca. 450 l vann per batch som overføres til en av to oppsamlingstanker på 25 m³ (AT 610 og AT 611). Antall batcher i uken varierer. I august 2022 var det gjennomsnittlig 26 batcher/uker. Denne forventes å øke til ca 50 batcher / uke. Når den ene tanken er full, analyseres innholdet. Dersom det overholder kvalitetskravene bedriften har satt, slippes det på det kommunale nettet. Det er antatt en tanktømming til avløpsnettet per uke. Tanken tømmes med en maks rate på 4 m³/t, dvs. det tar ca. 6-7 timer å tømme en oppsamlingstank.

Utslippene fra Vistin Pharma slippes først på det kommunale ledningsnettet som går til Kil ra, der det renses før det slippes til Kilsfjorden sammen med annet rensed kommunalt avløpsvann. Renseanlegget ble bygd om i 2019 til å inkludere et biologisk rensetrinn i tillegg til kjemisk rensetrinn. Anlegget har ikke nitrogenfjerning. Anlegget behandler normalt ca. 650 m³/d (ref.: Kragerø kommune, 2022), men det kan variere mellom minimum 400 m³/d og opp mot 2-3000 m³/d ved mye nedbør. Antatt oppholdstid i anlegget er 20 min. Utslipper til Kilsfjorden skjer ved at utslippskummen fylles opp og «flusher» utslippsrøret en gang pr. døgn (Jamf. e-post kommunikasjon med Jan Sundbø i Kragerø kommune oktober/november 2018).

3.2 Omsøkte utslippsparemetere

I utslippssøknaden til Vistin Pharma søkes det om utslipp av n-butanol, metformin og KOF. Vistin Pharma søker om å videreføre dagens utslippskrav. I Tabell 3 er utslippskravene fra gjeldende utslippstillatelse datert 16.03.2021 sammenlignet med forventede utslipp de nærmeste årene, også etter produksjonsutvidelsen. Det er disse tallene som blir benyttet i denne miljøvurderingen av utslipp til vann.

I miljøvurderingen er det tatt utgangspunkt i omsøkte utslippsgrenser, samt antatte utslipp i 2022 og 2025/2030. Utslippene til Vistin Pharma samles opp i en av to oppsamlingstanker på 25 m³ og tømmes en gang i uken. Derfor antas det at vannet slippes på det kommunale nettet i løpet av et døgn eller alternativt fire døgn hver uke, ref kapittel 5.2 og 5.3. Det er antatt at det er produksjon på Vistin Pharma i 50 uker hvert år. I tillegg er det to vedlikeholdsstanser i året, hver på ca en uke.

Tabell 3. Vistin Pharma søker om å videreføre dagens utslippskrav. Utslippsgrensene er sammenlignet med forventet utslipp fra økt produksjon de neste årene.

Komponent	Utslippsgrenser		Forventede utslipp til vann (kg/år)		
	Korttidsgrenser (maks kg/uke)	Langtidsgrenser (maks kg/år)	2022	2025	2030
Metformin	4	200	6	12	12
n-Butanol	8	350	150	250	250
KOF	40	1800	450	720	720
pH	5,5-9,5				

Utslippene til vann går via kommunalt avløpsnett som renses i Kil ra før utslipp til Kilsfjorden. I vurderingen er det derfor antatt at det årlige utslippet fordeles på 50 uker og at det slippes ut en gang pr uke. De beregnede påslippene til kommunalt nett er vist i Tabell 4.

Tabell 4. Beregnede mengder sluppet på kommunalt nett fra Vistin Pharma. Det er antatt en ukentlig tanktømming til kommunalt nett og årlig påslipp er fordelt på 50 uker. Korttidsgrensen er basert på kravene i dagens utslippstillatelse.

Komp.	Korttidsgrense (kg/uke)	Utslippsscenarioer (kg/år)		Forventet påslipp til kommunalt nett (kg/døgn) basert på én ukentlig tømming av tank			Konsentrasjon i tanken (mg/l)		
		2022	2025/2030	Korttidsgrense	2022	2025/2030	Korttidsgrense	2022	2025/2030
Metformin	4	6	12	4,0	0,12	0,24	160	4,8	9,6
n-Butanol	8	150	250	8,0	3,0	5,0	320	120	200
KOF	40	450	720	40,0	9,0	14,4	1600	360	576

Da metformin er et legemiddel som benyttes av en stor andel av befolkningen, vil sanitæravløpet som Kil ra behandler, også kunne inneholde metformin. Dette er ikke hensyntatt i vurderingen. Det er også som et verste scenario antatt at hverken metformin eller n-butanol brytes ned i renseanlegget. Det er gjort beregninger av utslippskonsentrasjon med tre ulike belastninger på avløpsrenseanlegget; minimum 400 m³/d, gjennomsnittlig 650 m³/d og maksimum 2000 m³/d. Det er også vurdert to ulike tømmetider for en oppsamlingstank; ett døgn og fire døgn.

4 Litteratursøk

Det er gjennomført et nytt litteratursøk i kjente databaser for å se om det er endrede miljøegenskaper for de ulike komponentene.

4.1 Generelle prinsipper

I en miljøvurdering for et stoff sammenliknes den beregnede terskelen for biologiske skadeeffekter (PNEC = Predicted No Effect Concentration) med forventet miljøkonsentrasjon av stoffet (PEC = Predicted Environmental Concentration). PEC/PNEC-forholdet er det matematiske uttrykket for miljørisiko. Den angir om det er sannsynlig om en gitt utslippsmengde i miljøet vil kan kunne gi effekt (konsekvens). Dersom forholdet har en verdi høyere enn 1, kan det være en uakseptabel risiko forbundet med utslippene. Ved $PEC/PNEC < 1$ anses risiko for miljøeffekter å være tolererbar. I en miljørisikovurdering av et stoff behøves både spesifikke opplysninger om forbindelsen, om konsentrasjonen i utløpet, om utslippsforhold og tilhørende resipient.

Der man har målte konsentrasjonsverdier i utslippet, benyttes disse som inngangskonsentrasjoner til PEC. Hvis ikke, brukes beregnede verdier basert på mengder som slippes ut. PEC tar også hensyn til fortynningen i resipienten. Ved utslipp av avløpsvann til marint miljø, er det anbefalt å benytte standard fortynningsfaktor 100 i utslippsområdet (EUs Technical Guidance Document, EU, 2003).

På grunnlag av alle de testresultatene som er tilgjengelig for et stoff, beregnes den maksimale konsentrasjonen som ikke forventes å gi skadeeffekter på miljøet, dvs. PNEC. Som PNEC verdier benyttes resultater fra standardiserte økotoksikologiske tester, fortrinnsvis resultater fra kroniske tester. Her benyttes testresultatet fra den mest følsomme organismen som er testet, samt en sikkerhetsfaktor der det tas hensyn til at det kan finnes organismer som er mer følsomme enn dem man har brukt i laboratorietester. Generelt gjelder at sikkerhetsfaktoren blir lavere jo flere organismer man har testet.

4.2 Økotoksikologisk informasjon om utslippsforbindelsene

4.2.1 n-Butanol

Iht. det europeiske kjemikaliebyrået ECHA er n-butanol lett nedbrytbar. En rekke studier er gjennomført i vann og avløpsvann. OECD-kriteriene for lett nedbrytbarhet er 60% BOF relativ til ThOD over 10 dager. Disse ble tilfredsstillt for n-butanol ($BOF_5 = 68\%$ av ThOD, $BOF_{10} = 87\%$ av ThOD, $BOF_{15} = 92\%$ av ThOD og $BOF_{20} = 92\%$ av ThOD).

Biologisk oksygenforbruk (BOF) er den oksygenmengden som trengs for å bryte ned den lett nedbrytbare delen av molekylet. Det teoretiske oksygenforbruket (ThOD) er den teoretisk maksimale oksygenforbruket som behøves for å bryte ned forbindelsen 100% til sluttproduktene CO_2 og H_2O . ThOD er en teoretisk beregnet verdi tilsvarende kjemisk oksygenforbruk (KOF) som analyseres på lab. BOF_5 går over fem dager, BOF_{10} over ti dager osv.

ECHA har også definert antatt nulleffektskonsentrasjon (PNEC) for ulike matrikser, se Tabell 5. Utslipet fra Vistin Pharma går via Kil ra og ut i den marine resipienten Kilsfjorden. Det blir derfor

mest riktig å sammenligne utslippet med PNEC for biologien i renseanlegg (STP = sewage treatment plant) og sjøvann.

Tabell 5. Antatt nulleffektskonsentrasjon PNEC (predicted no effect concentration) for n-butanol (ECHA, 2022).

Matriks		Enhet	PNEC
Ferskvann	Vann (kontinuerlig)	mg/l	0,082
	Vann (periodisk)	mg/l	2,25
	Sediment	mg/kg ts	0,324
Sjøvann	Vann	mg/l	0,008
	Sediment	mg/kg ts	0,032
Renseanlegg (STP)	Vann	mg/l	2,476
Jord		mg/kg ts	0,017
Luft			Ifi

Ifi = Ingen fare identifisert

4.2.2 Metformin

Tidligere var det ikke registrert PNEC verdier for metformin HCl i den europeiske kjemikali databasen ECHA. Ved søk i september 2022 er forbindelsen fullregistrert, men det er fremdeles ikke oppgitt PNEC, da den er merket med «no hazard identified» for akvatiske giftighet.

ECHA skriver at metformin HCl generelt sett har et svært lavt farepotensial på vannlevende organismer. I akutte akvatiske tokstester forårsaket ikke metformin HCl noen skadelige effekter på fisk (*Lepomis macrochirus*) og kun svake effekter på virvelløse dyr (*Daphnia magna*). Kronisk toksisitetstesting med vannlevende organismer resulterte også i enten ingen (*Desmodesmus subspicatus*, *D. magna*, *Danio rerio*) eller svake bivirkninger (*Lemna minor*) ved de testede konsentrasjonene. Den laveste NOEC fra akvatiske toksisitetsstudier var 34d-NOEC på ≥ 12 mg/l oppnådd i tidlig livsfasetest med *D. rerio*. Studier på mikrobiell veksthemming, respirasjonshemming og nitrifikasjonshemming resulterte ikke i noen hemming ved konsentrasjoner under 100 mg/l.

Konklusjonen til ECHA er at det basert på tilgjengelige data ikke er identifisert noen fare for de forskjellige miljøene; ferskvann, sjøvann, sedimenter, renseanlegg, luft eller jord.

Den svenske legemiddelindustriens forening FASS oppgir PNEC for metformin (uten HCl) i vann til 1030 µg/l. Denne er basert på kronisk NOEC for fisk. I artikkelen til Caldwell m.fl. (2019) beregnet de PNEC for metformin til 1000 µg/l basert på laveste målte kroniske NOEC for fisk (*Pimephales promelas*). Det er derfor benyttet den laveste PNEC på 1000 µg/l i vurderingene i denne rapporten.

4.2.3 Guanylurea

Ifølge en artikkel av Trautwein *et. al* (2014), så metaboliseres ikke metformin i menneskekroppen, men skilles uendret ut. I avløpsrenseanlegg kan metformin endres til sluttproduktet guanylurea vha. bakterier, se Figur 1.



Figur 1. Strukturformlene for metformin og guanylurea.

ECHA har ingen egen omtale av denne forbindelsen i ECHA-databasen.

I artikkelen til Caldwell m.fl. (2019) beregnet de PNEC for guanylurea til 160 µg/l. Denne var basert på to kroniske studier på henholdsvis *Ceriodaphnia dubia* (iso 30665) og ferskvanns alger (OECD 201). Denne verdien er derfor benyttet i denne rapporten.

4.2.4 Oppsummering

En oppsummering av PNEC-verdiene som benyttes i denne miljøvurderingen er vist i Tabell 6.

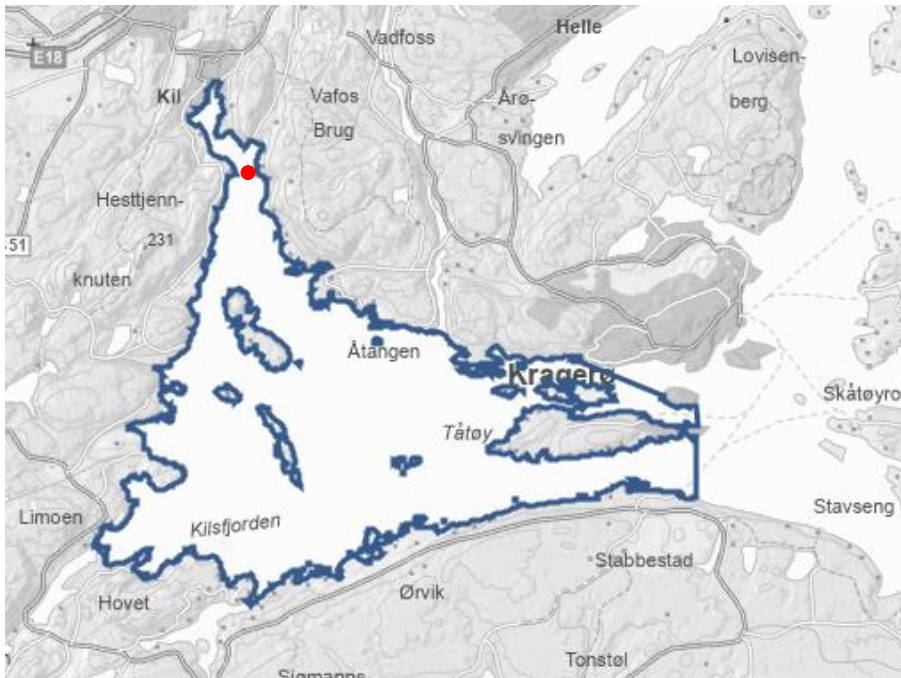
Tabell 6. Oversikt over PNEC-verdier benyttet i denne rapporten.

Komponent	CAS	PNEC (µg/l)
Metformin HCl	1115-70-4	-
Metformin	657-24-9	1000
n-Butanol	71-36-3	8
Guanylurea	141-83-3	160

4.3 Resipient

Behandlet avløpsvann fra Kil ra slippes ut i Kilsfjorden, vannforekomst 0110021101-1-C. I Vannnett (2022) omtales fjorden som oksygenfattig og mesohalin, dvs. brakkvann. Fjorden er en terskelfjord som er lite påvirket av tidevann og bølger. Miljøtilstanden er definert som svært dårlig (middels presisjon), hovedsakelig pga. tilstanden til makroalger samt innhold av PAH og sink i sediment. Den kjemiske tilstanden er definert som dårlig (presisjon lav), også pga. PAH i tillegg til kvikksølvinnhold i bunnsediment.

Figur 2 viser fjorden med utslippspunkt for Kil ra markert med rødt punkt.



Figur 2. Resipienten Kilsfjorden, vannforekomst ID 0110021101-1-C (Vann-nett, 2022). Omtrentlig utslippspunkt for Kil ra er markert med rødt punkt.

5 Miljøvurdering

5.1 Utslippsmengder i KOF og pe

Iht. Kragerø kommunes nettsider (2022), behandler Kil ra ca 1100 pe/døgn (personekvivalenter). Omregnet til BOF₅ tilsvarer dette ca. 66 kg O₂/dag eller 24 090 kg O₂/år. Det er gjort en enkel omregning for de tre utslippsscenarioene for å anslå bidraget fra Vistin Pharma, se Tabell 7. Det er tatt utgangspunkt i teoretisk oksygenforbruk (ThOD), basert på strukturformelen til n-butanol og metformin, og at det ikke er nitrogenfjerning. ThOD tilsvarer kjemisk oksygenforbruk (KOF eller COD) og utslippet av BOF₅ fra fabrikk vil være lavere enn KOF (og ThOD). Som tabellen viser anslås det sluppet ut ca. 656 kg O₂/år i 2025 – 2030 som ThOD (dvs. KOF) fra Vistin Pharma. Dette tilsvarer <2,7% av anslått mengde behandlet på renseanlegget årlig. Ved maksimalt utslipp basert på kortidsgrense, tilsvarer ThOD-utslippet <5,2% av anleggets BOF₅-utslipp.

Tabell 7. Beregnet belastning i teoretisk oksygenforbruk (ThOD) basert på utslippsscenarioer og anslåtte utslipp for 2022 og 2025/2030.

Komp.	Utslippsscenarioer			ThOD			
	Korttids (kg/uke)	2022 (kg/år)	2025/2030 (kg/år)	ThOD mg O ₂ /mg substrat	Korttids kg O ₂ /uke	2022 kg O ₂ /år	2025/2030 kg O ₂ /år
Metformin	4	6	12	0,743	2,972	4,458	8,916
n-Butanol	8	150	250	2,59	20,72	388,5	647,5
SUM	-	-	-	-	24	393	656

5.2 Beregnede utslippsmengder (tank tømmes ila. ett døgn)

Vistin Pharma samler opp sitt utslippsvann i oppsamlingstanker før det slippes på avløpsnett. Siden det gjennomføres ca. en tanktømming i uka, er det antatt at de ukentlige utslippene slippes på nettet i løpet av ett døgn. Det kan være at det skjer to tanktømminger på en uke, men som et verste scenario antas det at utslippsmengdene fordeles på 50 uker med en tanktømming i uken. Det er også antatt at konsesjonsparameterne fordeles på Kil ra daglige vannvolum / belastning, dvs. mellom 400 - 2000 m³/d med et snitt på 650 m³/d. Det er gjort beregninger både med og uten å ta hensyn til nedbrytning i renseanlegget.

5.2.1 Uten nedbryting i renseanlegget

Estimerte utslippskonsentrasjoner fra Kil ra av metformin, n-butanol og KOF er vist i Tabell 8. Det er ikke tatt hensyn til eventuelt påslipp fra lokalbefolkningen av de samme forbindelsene eller nedbrytning/fjerning av disse i renseanlegget.

Tabell 8. Estimerte utslippkonsentrasjoner fra Kil ra basert på tre ulike scenarier med tilførsler fra Vistin Pharma og tre ulike belastninger på renseanlegget. Det er ikke tatt hensyn til evt. påslipp fra lokalbefolkningen eller nedbrytning/fjerning i renseanlegget. Det er antatt ett ukentlig påslipp til kommunalt nett som går over ett døgn og årlig påslipp er fordelt på 50 uker.

Komponent	Konsentrasjon ut av Kil ra basert på ulike vannmengder (mg/l)								
	Minimumvannmengde (400 m ³ /d)			Gj.snitt vannmengde (650 m ³ /d)			Maksimum vannmengde (2000 m ³ /d)		
	Korttids.	2022	2025 og 2030	Korttids.	2022	2025 og 2030	Korttids.	2022	2025 og 2030
Metformin	10	0,3	0,6	6,15	0,18	0,37	2	0,06	0,12
n-Butanol	20	7,5	12,5	12,31	4,62	7,69	4	1,5	2,5
KOF	100	22,5	36	61,54	13,85	22,15	20	4,5	7,2

I Tabell 9 er det gjort PEC/PNEC-beregninger for å se om konsentrasjonen i utslippspunktet overskrider antatt nulleffektskonsentrasjon (PNEC). Beregningene viser at PEC/PNEC > 1 for metformin kun der det er antatt maksimalt utslipp basert på korttids utslippsgrense. For antatte utslippsmengder i 2022, 2025 og 2030 vil beregnede utslippskonsentrasjoner fra Kil ra være lavere enn PNEC.

PNEC for n-butanol er langt lavere enn for metformin, og for alle scenariene overskrider utløpskonsentrasjonen PNEC, dersom det ikke tas hensyn til nedbrytning i renseanlegget. For de laveste vannføringene i avløpsrenseanlegget behøves opp mot 1563 ganger fortykning evt. nedbrytning for at konsentrasjonen i resipienten skal være lavere enn PNEC.

Tabell 9. Beregnet konsentrasjon av metformin og n-butanol i utslippsvannet fra Kil ra uten fortykning i resipient relativt til antatt nulleffektskonsentrasjoner, dvs. PEC/PNEC. Tilsvarende beregninger er også gjort for n-butanol mht. biologien i renseanlegget (STP). Der PEC/PNEC > 1 er bakgrunnen farget grå.

Komp.	PNEC (mg/l)	PEC/PNEC								
		Minimumsbelastning 400 m ³ /d			Gjennomsnittsbelastning 650 m ³ /d			Maksimumsbelastning 2000 m ³ /d		
		Kort-tids.	2022	2025/2030	Kort-tids.	2022	2025/2030	Kort-tids.	2022	2025/2030
Metformin	1	10	0,3	0,6	6,2	0,18	0,4	2,0	0,06	0,12
n-Butanol	0,008	2500	938	1563	1538	577	962	500	188	313
n-Butanol (STP)	2,476	8,1	3,0	5,0	5,0	1,9	3,1	1,6	0,6	1,0

Høyeste beregnede n-butanolkonsentrasjon i utløpet er 20 mg/l. Denne konsentrasjonen er basert på minimums vannføring i renseanlegget ved maksimalt utslipp tillatt som korttidsutslipp i dagens utslippstillatelse og ingen nedbrytning i renseanlegget. I de mer realistiske scenariene basert på faktiske utslipp, havner n-butanolkonsentrasjonen i området 1,5 - 12,5 mg/l uten nedbrytning i renseanlegget.

Etter utslippet i Kilsfjorden vil det skje en fortykning i resipienten. I spredningsberegningene som ble gjennomført i 2018 (Canal-Vergés, 2018), ble det beregnet at et utslipp av 2,5 mg/l n-butanol ble fortyknet til mindre enn PNEC innenfor 11 m fra utslippspunktet, dvs. 1:313 ganger fortykning. Tilsvarende var utslippet av ca 0,2 mg/l metformin fortyknet til under PNEC innenfor 1 m fra utslippspunktet, ref. kapittel 2.3. I spredningsberegningen var utslippet antatt å fordeles over seks døgn og ikke ett døgn, slik som det gjøres nå og som er vurdert i dette delkapittel.

5.2.2 Med nedbrytning i renseanlegget

n-Butanol er ansett som lett nedbrytbar, og det er ikke usannsynlig at en stor andel allerede er brutt ned før utslippet. BOF₅ for n-butanol er av ECHA oppgitt å være 68%. I BOF₅-testen går nedbrytningen over fem døgn, men mengden bakterier er relativt liten sammenlignet med i et avløpsrenseanlegg. Selv om oppholdstiden er kortere i anlegget, vil også mengden bakterier tilstede gjøre at nedbrytningen går raskere. Det er derfor estimert at 68% av n-butanolen vil brytes ned før utslipp. Sannsynligvis vil en større andel være nedbrutt, da bakteriene vil tilpasse seg dette utslippet.

For en ikke-adaptert biologi, vil konsentrasjonene av n-butanol være så høye at de kan utgjøre en toksisk effekt på det biologiske rensetrinnet (PEC/PNEC_{STP} > 1). Bakteriene i det biologiske rensetrinnet på Kil ra vil mest sannsynlig være tilpasset nedbrytning av n-butanol, da de får jevnlig tilførsler av forbindelsen. Det kan ikke utelukkes at den stedsspesifikke PNEC_{STP} vil være høyere.

Metformin kan brytes ned til guanylurea i renseanlegget. Hvor mye som brytes ned, er ikke kjent. I analyser fra andre avløpsrenseanlegg i Miljødirektoratets screeningprogram i 2019, ble avløpsvannet fra tre renseanlegg analysert; NRA, HIAS og VEAS. De viste alt fra 25% (HIAS) til 95% (NRA) av metforminen kan ha blitt delvis nedbrutt til guanylurea før utløpspunktet. NRA og VEAS har nitrogenfjerning noe hverken HIAS eller Kil ra har. Det er derfor mest nærliggende å sammenligne resultatene med HIAS. Ved å anta 25% nedbrytning av metformin, er det beregnet konsentrasjon av nedbrytningsproduktet guanylurea, se Tabell 10. Det er tatt hensyn til ulike molekylvekt.

Tabell 10. Estimerte utslippkonsentrasjoner fra Kil ra basert på tre ulike scenarier med tilførsler fra Vistin Pharma og tre ulike belastninger på renseanlegget samt delvis nedbrytning i renseanlegget. Det er antatt ett ukentlig påslipp til kommunalt nett og årlig påslipp er fordelt på 50 uker.

Komp.	Antatt nedbrutt (%)	Konsentrasjon ut av Kil ra basert på ulike vannmengder (mg/l)								
		Minimum vannmengde (400 m ³ /d)			Gjennomsnittlig vannmengde (650 m ³ /d)			Maksimum vannmengde (2000 m ³ /d)		
		Korttids.	2022	2025/2030	Korttids.	2022	2025/2030	Korttids.	2022	2025/2030
Metformin	25	7,5	0,225	0,45	4,62	0,14	0,28	1,5	0,045	0,09
Guanylurea	*	1,98	0,06	0,12	1,22	0,04	0,07	0,40	0,01	0,02
n-Butanol	68	6,4	2,4	4	3,94	1,48	2,46	1,28	0,48	0,8

*Andelen metformin som er brutt ned til guanylurea er omregnet mht. molekylvekt

Det er tatt utgangspunkt i de estimerte konsentrasjonen etter nedbrytning i renseanlegget og beregnet PEC/PNEC-forholdet for utløpsvannet før fortykning i resipient, se Tabell 11. Tabellen viser at PEC/PNEC > 1 dersom man antar maks utslipp basert på korttidsgrensene i utslippstillatelsen. Ved de mer realistiske utslippsmengdene vil både metformin og guanylurea være lavere enn PNEC selv før fortykning i resipienten, så det er derfor ikke forventet negative effekter for resipient grunnet disse to forbindelsene.

n-Butanol må fortyknes opp mot 500 ganger i resipient for at konsentrasjonen skal bli lavere enn PNEC. Dette blir noen meter lenger unna enn de 11 m som ble beregnet i spredningsberegningen fra 2018.

Tabell 11. Beregnet konsentrasjon av metformin, guanylurea og butanol i utslippsvannet fra Kil renseanlegg uten fortykning i resipient relativt til antatt nulleffektskonsentrasjoner, dvs. PEC/PNEC. Det er tatt hensyn til nedbrytning i det biologiske rensetrinnet, se Tabell 10. Tilsvarende beregninger er også gjort for butanol mht. biologien i renseanlegget (STP = sewage treatment plant). Der PEC/PNEC > 1 er bakgrunnen farget grå.

Komp.	PNEC (mg/l)	PEC/PNEC								
		Minimumsbelastning 400 m ³ /d			Gjennomsnittsbelastning 650 m ³ /d			Maksimumsbelastning 2000 m ³ /d		
		Kort-tids	2022	2025/2030	Kort-tids	2022	2025/2030	Kort-tids	2022	2025/2030
Metformin	1	7,5	0,225	0,45	4,6	0,14	0,28	1,5	0,045	0,09
Guanylurea	0,16	12,3	0,4	0,7	7,6	0,23	0,46	2,5	0,1	0,1
n-butanol	0,008	800	300	500	492	185	308	160	60	100
n-butanol (STP)	2,476	2,6	1,0	1,6	1,6	0,60	1,0	0,5	0,2	0,3

5.3 Beregnede utslippsmengder (tank tømmes ila. fire døgn)

Det ble gjennomført tilsvarende fortykningsberegninger som i kapitel 5.2, men der det er vurdert at en tank med volum 25 m³ fra Vistin Pharma slippes saktere på det kommunale nettet. I dette delkapittel er det antatt at påslippet fra oppsamlingstanken går over fire døgn og dermed fortyknes i avløpsvannet som Kil ra behandler i løpet av fire døgn. Det er tatt hensyn til både minimums-, gjennomsnittlig og maksimumsbelastning på renseanlegget. Det er lite trolig at anlegget får fire døgn på rad med minimumsbelastning, men det er likevel tatt med i beregningene.

5.3.1 Uten nedbrytning i renseanlegget

Estimerte utslippskonsentrasjoner fra Kil ra av metformin, n-butanol og KOF er vist i Tabell 12. Det er ikke tatt hensyn til eventuelt påslipp fra lokalbefolkningen av de samme forbindelsene eller nedbrytning/fjerning av disse i renseanlegget.

Tabell 12. Estimerte utslippskonsentrasjoner fra Kil ra basert på tre ulike scenarier med tilførsler fra Vistin Pharma og tre ulike belastninger på renseanlegget. Det er ikke tatt hensyn til evt. påslipp fra lokalbefolkningen eller nedbrytning/fjerning i renseanlegget. Det er antatt ett ukentlig påslipp til kommunalt nett fordelt over fire døgn, og årlig påslipp er fordelt på 50 uker.

Komp.	Konsentrasjon ut av Kil ra basert på ulike vannmengder (mg/l)								
	Min. vannmengde (400 m ³ /d)			Snitt vannmengde (650 m ³ /d)			Maks. vannmengde (2000 m ³ /d)		
	Korttids.	2022	2025 og 2030	Korttids.	2022	2025 og 2030	Korttids.	2022	2025 og 2030
Metformin	2,5	0,07 5	0,150	1,54	0,04 6	0,092	0,50	0,015	0,030
n-Butanol	5,0	1,88	3,13	3,08	1,15	1,92	1,0	0,38	0,63
KOF	25	5,63	9,0	15,4	3,46	5,54	5,0	1,13	1,80

I Tabell 13 er det gjort PEC/PNEC-beregninger for å se om konsentrasjonen i utslippspunktet overskrider antatt nulleffektskonsentrasjon (PNEC). Beregningene viser at PEC/PNEC > 1 for

metformin kun der det er antatt maksimalt utslipp basert på korttids utslippsgrense og ved minimums eller gjennomsnittlig belastning på renseanlegget. For antatte utslippsmengder i 2022, 2025 og 2030 vil beregnede utslippskonsentrasjoner fra Kil ra være lavere enn PNEC.

PNEC for n-butanol er langt lavere enn for metformin, og for alle scenariene overskrider PNEC i utløpet, dersom det ikke tas hensyn til nedbrytning i renseanlegget. For de laveste vannføringene i avløpsrenseanlegget behøves opp mot 625 ganger fortykning evt. nedbrytning i renseanlegget, for at konsentrasjonen i resipienten skal være lavere enn PNEC.

Tabell 13. Beregnet konsentrasjon av metformin og n-butanol i utslippsvannet fra Kil ra uten fortykning i resipienten, relativt til antatt nulleffektskonsentrasjoner, dvs. PEC/PNEC. Det er antatt at påslippet fra Vistin Pharma fordeles over fire døgn per uke. Tilsvarende beregninger er også gjort for n-butanol mht. biologien i renseanlegget (STP = sewage treatment plant). Der $PEC/PNEC > 1$ er bakgrunnen farget grå.

Komp.	PNEC (mg/l)	PEC/PNEC								
		Minimumsbelastning 400 m ³ /d			Gjennomsnittsbetlastning 650 m ³ /d			Maksimumsbelastning 2000 m ³ /d		
		Kort-tids	2022	2025/2030	Kort-tids	2022	2025/2030	Kort-tids	2022	2025/2030
Metformin	1	2,5	0,1	0,2	1,5	0,05	0,1	0,5	0,015	0,03
n-Butanol	0,008	625	234	391	385	144	240	125	47	78
n-Butanol (STP)	2,476	2,0	0,8	1,3	1,2	0,5	0,8	0,4	0,2	0,3

Høyeste beregnede n-butanolkonsentrasjon i utløpet er beregnet til 5 mg/l basert på minimums vannføring i renseanlegget, samt ved maksimum utslipp tillatt som korttidsutslipp i dagens utslippstillatelse og ingen nedbrytning i renseanlegget. I de mer realistiske scenariene basert på faktiske utslipp havner n-butanolkonsentrasjonen i området 0,38 – 3,13 mg/l uten nedbrytning i renseanlegget.

Etter utslippet i Kilsfjorden vil det skje en fortykning i resipienten. I spredningsberegningene som ble gjennomført i 2018 (Canal-Vergés, 2018), ble det beregnet at et utslipp av 2,5 mg/l n-butanol ble fortyknet til under PNEC innenfor 11 m fra utslippspunktet, dvs. 1:313 ganger fortykning. I spredningsberegningen var utslippet antatt å fordeles over seks dager og ikke fire, slik som det vurderes i dette kapitlet.

5.3.2 Med nedbrytning i renseanlegget

Det er gjort tilsvarende beregninger som i kapittel 5.2.2, der det er tatt hensyn til nedbrytning i Kil ra. Konsentrasjonene ut av Kil ra, der det er antatt at Vistin Pharma slipper vannet på det kommunale nettet over fire døgn, er vist i Tabell 14.

Tabell 14. Estimerte utslippkonsentrasjoner fra Kil ra basert på tre ulike scenarier med tilførsler fra Vistin Pharma og tre ulike belastninger på renseanlegget, samt delvis nedbrytning i renseanlegget. Det er antatt ett ukentlig påslipp til kommunalt nett fordelt over fire døgn og årlig påslipp er fordelt på 50 uker.

Komp.	Antatt nedbr. (%)	Konsentrasjon ut av Kil ra basert på ulike vannmengder (mg/l)								
		Min. vannmengde (400 m ³ /d)			Snitt vannmengde (650 m ³ /d)			Maks. vannmengde (2000 m ³ /d)		
		Korttids.	2022	2025/2030	Korttids.	2022	2025/2030	Korttids.	2022	2025/2030
Metformin	25	1,88	0,06	0,11	1,15	0,03	0,07	0,38	0,01	0,02
Guanylurea	(*)	0,49	0,01	0,03	0,30	0,01	0,02	0,10	0,00	0,01
n-Butanol	68	1,60	0,60	1,00	0,98	0,37	0,62	0,32	0,12	0,2

(*) Andelen metformin som er brutt ned til guanylurea er omregnet mht. molekylvekt

Det er tatt utgangspunkt i de estimerte konsentrasjonen etter nedbrytning i renseanlegget og beregnet PEC/PNEC-forholdet for utløpsvannet før fortykning i resipient, se Tabell 15. Tabellen viser at PEC/PNEC > 1 dersom man antar maksimum utslipp basert på kortidsgrensene i utslippstillatelsen, samt minimums – og gjennomsnittlig belastning på renseanlegget. Ved de mer realistiske påslippsmengdene, vil både metformin og guanylurea være lavere enn PNEC, selv før fortykning i resipienten, så det er derfor ikke forventet negative effekter for resipient grunnet disse to forbindelsene.

n-Butanol må fortynnes opp mot 200 ganger i resipient for at konsentrasjonen skal bli lavere enn PNEC. Dette vil skje noen meter kortere fra utslippspunktet enn de 11 m som ble beregnet i spredningsberegningen fra 2018.

Tabell 15. Beregnet konsentrasjon av metformin, guanylurea og butanol i utslippsvannet fra Kil ra uten fortykning i resipient relativt til antatt nulleffektskonsentrasjoner, dvs. PEC/PNEC. Det er tatt hensyn til nedbrytning i det biologiske rensetrinnet, se Tabell 14. Tilsvarende beregninger er også gjort for butanol mht. biologien i renseanlegget (STP = sewage treatment plant). Der PEC/PNEC > 1 er bakgrunnen farget grå.

Komp.	PNEC (mg/l)	PEC/PNEC								
		Minimumsbelastning 400 m ³ /d			Gjennomsnittsbelastning 650 m ³ /d			Maksimumsbelastning 2000 m ³ /d		
		Kort-tids	2022	2025/2030	Kort-tids	2022	2025/2030	Kort-tids	2022	2025/2030
Metformin	1	1,9	0,06	0,1	1,2	0,03	0,07	0,4	0,01	0,02
Guanylurea	0,16	3,1	0,09	0,2	1,9	0,06	0,1	0,6	0,0	0,04
n-butanol	0,008	200	75	125	123	46	77	40	15	25
n-butanol (STP)	2,476	0,6	0,2	0,4	0,4	0,1	0,2	0,1	0,05	0,1

6 Konklusjon

Det er gjennomført en miljøvurdering av påslipp fra Vistin Pharma. Fra oppsamlingstankene for vaskevann fra produksjonen slippes vann på det kommunale avløpsnettet som ledes til Kil ra med utslipp til Kilsfjorden. Vurderingen har inkludert tre ulike utslipp fra Vistin Pharma; maksimale mengder tillatt for korttidsutslipp iht. utslippstillatelsen, samt anslåtte utslippsmengder i 2022, 2025 og 2030. Disse påslippene er vurdert basert på én tømning av oppsamlingstanken per uke og det er vurdert tre ulike tømmerater; over ett og fire døgn. Disse påslippsscenarioene er vurdert å ankomme Kil ra på dager med minimums-, gjennomsnittlig og maksimumsbelastning på renseanlegget. Vurderingene er også gjort både med og uten å ta hensyn til nedbrytning av metformin og n-butanol i anlegget.

Totalt blir dette 36 ulike scenarier for hver av forbindelsene. Konsentrasjonene i utslippspunktet fra Kil ra er sammenlignet med antatt nulleffektskonsentrasjon (PNEC) for å vurdere om de kan utgjøre noen miljørisiko for resipienten Kilsfjorden. Videre hvor mye utslippene må fortynnes for at konsentrasjonen i miljøet (PEC) skal bli lavere enn PNEC.

De mest realistiske scenariene inkluderer en viss nedbrytning av forbindelsene i det biologiske renetrinnet i renseanlegget. Resultatene viser at det i alle tre scenariene med ulik påslippshastighet (ett og fire døgn), vil konsentrasjonen av n-butanol være høyere enn PNEC før fortykning i resipienten Kilsfjorden. Ved å fordele påslippet over flere dager, vil man likevel komme ned i en såpass lave utslippskonsentrasjoner at det kan forventes at strømmen fortynnes til lavere konsentrasjon enn PNEC for n-butanol i løpet av noen få meter fra utslippsledningen.

Tilsvarende vil konsentrasjonene for metformin og guanylurea kun overskride PNEC i utslippsledningen i de scenariene der det tas utgangspunkt i maksimal tillatte korttids utslippsgrense fra dagens utslippstillatelse. Jo flere dager påslippet fra oppsamlingstankene slippes på det kommunale nettet, desto lavere blir utslippskonsentrasjonen til resipienten. Ved å fordele påslippet jevnt utover uken, vil det kun i verste tenkelige scenario, dvs. ved minimal belastning på renseanlegget, skje at utslippskonsentrasjonen så vidt overskrider PNEC. Det er lite sannsynlig at det vil være flere dager på rad med den laveste døgnbelastningen.

For å redusere belastningen på Kil ra og videre påvirkning på resipienten, anbefales det at tømning av oppsamlingstankene fordeles over så mange dager som mulig.

7 Referanser

Caldwell, D.J., D'Aco, V., Davidson, T., Kappler, K., Murray-Smith, R.J., Owen, S.F., Robinson, P.F., Simon-Hettich, B., Straub, J.O. og Tell, J. (2019): Environmental risk assessment of metformin and its transformation product guanylurea: II. Occurrence in surface waters of Europe and the United States and derivation of predicted no-effect concentrations. *Chemosphere* 216 (2019) s 855-865

Canal-Vergés, P. (2018): Near field spreading in Kilsfjorden. COWI doc A092441-008

ECHA (2022): Kjemikaliedatabasen til The European Chemicals Agency.

EU (2003): Technical Guidance Document (TGD) on Risk Assessment of Chemical Substances following European Regulation and Directives. Part II, Second edition, april 2003.

FASS (2022): Läkemedelsindustriföreningens Svervice AS i Sverige.
<https://www.fass.se/LIF/product?userType=2&nplId=19651020000013&docType=78&scrollPosition=500> (nedlaste 23.09.2022)

Henninge, L.B. (2018): Vistin Pharma – Ekstraprøver ifm. vannovervåkingen 2017. COWI-rapport A092441-005

Henninge, L.B. (2022): Vannovervåking av utslipp til Kilsfjorden fra Vistin Pharma Fikkjebakke, 2021. COWI rapport RAP-01-A230631

Kragerø kommune (2022): Nettsiden til kommunen (03.10.2022)
<https://www.kragero.kommune.no/tjenester/vann-avlop-og-renovasjon/vann-og-avlop/avlop/avlopsrensing/>

Vann-nett (2022): Informasjon om vannforekomst Kilsfjorden