

Overvåkningsresultater Stormoen deponi – trender for sigevann og resipient 2019

Lokalitet: Stormoen deponi,
Balsfjord kommune

G/bnr.: 5422 36/166 m.fl.

SEA ECO

www.sea-eco.no

Informasjon om rapporten				
Oppdragsgiver	Perpetuum Circuli AS, Merrick Hartness Mordal			
Rapporttittel	Overvåkningsresultater Stormoen deponi – trender for sigevann og resipient 2019			
Prosjekt ID	Stormoen Deponiovervåkning_SE19-30			
Kontaktinfo	Sea Eco AS, anne@sea-eco.no, Tel. 97562053			
Prosjektleder	Anne Wenke			
Feltarbeid	Robin Gout (Perpetuum)			
Analyser	Eurofins Environment			
Rapportering	Ellinore Bjørk Haverl og Anne Wenke (Sea Eco), Merrick Hartness Mordal (Perpetuum)			
Kvalitetssikring	Ann-Kristin Fallmyr Jensen, Tone Rasmussen (Sea Eco)			
Rapport ID	Dato	Versjonsbeskrivelse	Sidetall	Distribusjon
SE20-30_01	10.02.2020	Gjennomlesning hos oppdragsgiver	82+ vedlegg	Styres av oppdragsgiver
SE20-30_02	16.03.2020	Endelig versjon	83+ vedlegg	Styres av oppdragsgiver

Sammendrag
Stormoen deponi drives og eies av Perpetuum Circuli AS og er lokalisert på Stormoen i Balsfjord kommune (G/bnr. 5422 36/166). Avfallsdeponiet mottar deponiavfall fra kommuner, næringsliv og industri i regionen. Det er pålagt sigevann- og resipientovervåkning for deponiet iht. kravene til «Utslippskontroll og rapportering til Fylkesmannen i Troms» og oppdateres årlig med nye data. Rapporten er basert på overvåkningsprøvet utarbeidet i 2018 og har med analyser og resultater t.o.m. 2019. Sea Eco har utført rapportering av analyseresultater på oppdrag fra Perpetuum Circuli AS. I 2019 er det tatt imot totalt ca. 63.600 tonn avfall og masser som enten ble deponert eller brukt som dekkmasser. Vannbalansen for 2019 konkluderer med at det ikke er antydning til lekkasje fra deponiet. Analyser av sigevann viser at stoffkonsentrasjonene i sigevannet har vært kraftig nedadgående for de fleste parameter etter innføring av luftebasseng i 2014. Den nedadgående trenden fortsetter i 2019 for de fleste stoffparametere. Sigevannskonsentrasjoner på Stormoen i 2019, ligger for de fleste parameter under gjennomsnittet, sammenlignet med andre deponier i Norge. Det finnes forhøyde konsentrasjoner av klorid, ammonium, nitrogen, fosfor, TOC, nikkel, krom, kadmiem, antimon og PFAS i sigevannet. Luftebassenget gir en påvist renseseffekt for de fleste parametere. Effekten er størst på sommeren når lufterne er i gang, og en del mindre på vinteren når bassenget fungerer som et rent sedimentasjonsbasseng. Sigevannsediments-analyser viser at sedimentet i infiltrasjonsbassenget har tilstandsklasse 1 for forurenset jord (meget godt). Analyser av grunnvannsbrønner nedenfor deponiet viser at den nedadgående trenden i grunnvannet fortsetter i 2019. Konsentrasjoner av miljøgifter i grunnvannet ligger for de fleste parameter under vendepunkt- og/eller terskelverdien. Klorid og ammonium ligger over terskelverdien. Det ble påvist noen PFAS-forbindelser i grunnvannet. Kjoselva, Tømmerelva og Stormyra er overflateresipienter. Stoffkonsentrasjoner i Tømmerelva viser liten påvirkning fra deponiet, og elven klassifiseres med tilstandsklasse 2 (god). Kjoselva har også god tilstand for alle målte stoffer med unntak av totalt nitrogen som får tilstandsklasse 5 (svært dårlig). Det er ikke enkelt å bestemme nitrogenkilden. Det kan være fra enten deponiet og/eller landbruksområdet rundt deponiet. Overflatevannet på Stormyra får tilstandsklasse 2 for de fleste parameter, med unntak av fosfor og arsen som får tilstandsklasse 3 (moderat). Det påvises noen PFAS-forbindelser i Kjoselva og Stormyra, men det blir ikke detektert PFAS i Tømmerelva. Oppsummert kan en si at utlekking av stoffer fra deponiet fortsatt har en nedadgående trend, og de fleste stoffer ligger under grenseverdiene. I grunnvannet og resipienten Kjoselva måles det høye nitrogen-konsentrasjoner. Dette må overvåkes, men antas å ha begrenset miljømessig betydning. Overvåkningsprogrammet fungerer bra og det er stort sett ikke behov for noen endringer i programmet. Lokaliseringen av overvåkningsbrønner bør evalueres, spesielt i sammenheng med utbygning av celle 3.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING	5
2. OM STORMOEN DEPONI	6
2.1 Beliggenhet og geologisk undergrunn.....	6
2.2 Historikk av deponi og utbygningsplaner.....	7
2.3 Aktiviteter som påvirker sigevann og grunnvann.....	9
2.4 Avfallsmengder 2019.....	11
2.5 Vannbalanse.....	14
3. SIGEVANN OG SIGEVANNSEDIMENTER.....	15
3.1 Sigevannsdiskonering og prøvetaking.....	15
3.2 Sigevannsmengde	15
3.3 Vurdering av sigevannsanalyser	17
3.4 Resultater fra 2019 og sammenligning med tidligere år	19
3.5 Trendlinjer sigevann	20
3.6 Sigevannsutslipp.....	42
3.7 Sigevannssediment.....	43
4. GRUNNVANN	44
4.1 Prøvetaking grunnvann	44
4.2 Vurdering av grunnvannsanalyser.....	45
4.3 Resultater fra 2019 og sammenligning med tidligere år	47
4.4 Trendlinjer grunnvann.....	48
5. OVERFLATEVANN	65
5.1 Prøvetaking overflatevann	65
5.2 Vurdering overflatevannsanalyser	65
5.3 Resultater overflatevann 2019.....	67
6. DEPONIGASS.....	69
7. MILJØRISIKOVURDERING	71
7.1 Trinn 1: Kildekarakterisering	71
7.2 Trinn 2: Transportkarakterisering	72
7.3 Trinn 3: resipientkaraterisering.....	74
8. VURDERING AV OVERVÅKNINGSPROGRAMMET.....	83
REFERANSER.....	85
OPPHAVS- OG ANSVARSRETT	86
LOGG FOR ARBEID OG KORRESPONDANSE	87

VEDLEGG	88
Vedlegg I Prøvetakingsplan.....	89
Vedlegg II Kart.....	91
Vedlegg III Vannbalanse.....	102
Vedlegg IV Notat Sigevannovervåkning fra metall-cellen.....	112
Vedlegg V Notat Sigevannovervåkning PFAS-celle	118
Vedlegg VI Overvåkningsresultater overflatevann	122
Vedlegg VII VannNett-Portal overflatevann	124

1. Innledning

Stormoen deponi drives og eies av Perpetuum Circuli AS og er lokalisert på Stormoen i Balsfjord kommune. Området er regulert for formålet. Avfallsdeponi mottar deponiavfall og forurensede masser fra kommuner, næringsliv og industri. Deponiet har også spesielle tillatelser knyttet til mottak av masser forurensset med PFAS og mottak og behandling av skytebanemasser. Inne på samme område drives det også med kompostering av slam/silgods.

Denne rapporten oppfyller kravene til «Utslippskontroll og rapportering til Fylkesmannen i Troms» under kapital 12 i tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven (2017.0719.T) som var sist revidert 02.11.2018.

Overvåkningsrapporten er basert på et overvåkningsprogram utarbeidet av Multiconsult i 2018 (Multiconsult, 2018). Overvåkningsprogrammet gjelder i utgangspunkt for 5-årsperioden 2018-2022 og inkluderer sigevannsovervåkning av deponicelle 1 og 2, trinn 1 og 2, samt deponicelle 2, trinn 3 som inneholder PFAS-forurensede masser og skytebanemasser. Prøvetakings- og analysefrekvens for Stormoen deponi fremgår av Tabell 1 nedenfor. Se Vedlegg I for detaljert oversikt over analyseparametere og prøvetakingsfrekvens.

Overvåkningsrapporten oppdateres årlig med nye data og går gjennom en større revisjon hvert fjerde år. Denne rapporten inkluderer de viktigste oppdateringene av analyser og resultater til og med 31.12.2019. Rapporten viser resultater fra sigevanns- og grunnvannsovervåkingen i form av grafer for utvikling over tid - for de ulike parametere og prøvepunkter. Data for sigevannssedimenter samt overflatevann er presentert i tabeller. Vurdering av resultatene og utviklingen er basert på deler av forskjellige relevante veiledere:

- Direktoratsgruppen Vanndirektivet Veileder 2:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann
- SFT-veileder TA-2077/2005: Veileder om overvåkning av sigevann fra avfallsdeponier
- SFT-veileder TA-1995/2003: Veileder om miljørisikovurdering av bunntetting og oppsamling av sigevann ved deponier
- SFT-veileder TA 2553/2009: Helsebaserte tilstandsklasser for forurensset grunn

Tabell 1 Prøvetakings- og analysefrekvens for Stormoen deponi etter overvåkningsprogram 2018-2022.

Overvåkningstema	Frekvens
Sigevannsmengde	Ukentlig
Sigevannets sammensetning	Kvartalsvis (februar, mai, juli og oktober)
Sigevannssediments sammensetning	Årlig
Sigevannets sammensetning celle2, trinn 3	Månedlig
Tillegg sigevann og sigevannssediment	Hvert 5. år
Overflatevannets mengde og sammensetning	3 ganger per år (mai, juli og oktober)
Grunnvannsnivå	Hver 6. måned
Grunnvannets sammensetning	Kvartalsvis (februar, mai, juli og oktober)
Deponigass	Månedlig

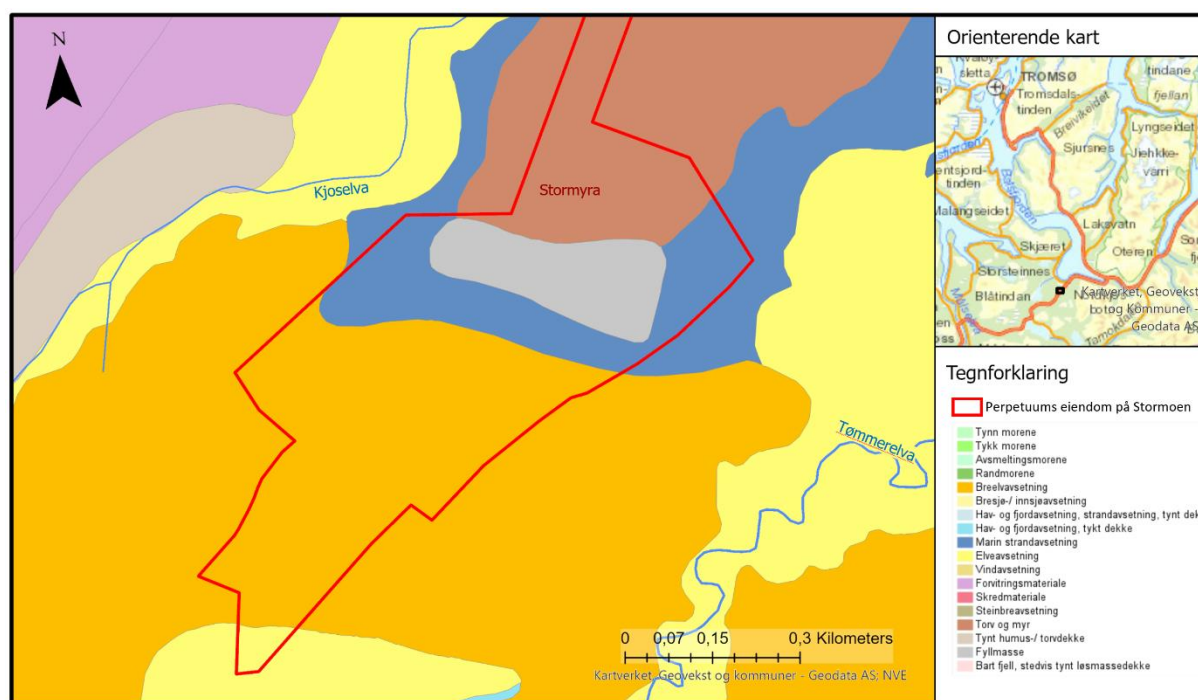
2. Om Stormoen deponi

2.1 BELIGGENHET OG GEOLOGISK UNDERGRUNN

Stormoen avfallsdeponi er lokalisert på Stormoen i Balsfjord kommune (5422), på vestsiden av E6 (Figur 1). Området er regulert til avfallsformål, og består av flere G/bnr., herunder 36/166, 36/168, 36/109, 36/213, 36/180 m.fl.

Deponiområdet er etablert i tilknytning til en stor glasifluvial terrasse som bygger seg opp til ca. kote 70. I foten av deltaet er det et stort myrområde på ca. kote 40. Vest og øst for avfallsplassen har Kjoselva og Tømmerelva erodert terrenget omtrent ned til samme nivå som myrnivå i foten av deltaet (Multiconsult, 2018).

Resultater fra diverse grunnundersøkelser utført i deponiområdet viser at løsmassene i deponiområdet består av glasifluviale masser med sand og grus i overflaten og med innslag av linser av finsand, silt og leire. Det er en generell trend mot finere sedimenter dypere i avsetningen.



Figur 1: Oversiktskart og geologisk bakgrunn for Stormoen deponi; Perpetuums eiendomsgrense på Stormoen er markert med rødt. Videre ser man Europavei E6 i øst samt resipientene Kjoselva, Tømmerelva og Stormyra. Det geologiske kartet er hentet fra løsmassekartet til NGU (NGU løsmassedatabase, 2019). Se Vedlegg II for større utgave av kartet.

2.2 HISTORIKK AV DEPONI OG UTBYGNINGSPLANER

En oversikt over deponiområdet og de forskjellige deponicellene er vist i Figur 2. Utviklingen av Stormoen deponi er presentert i Figur 3.

Det har vært deponert avfall på Stormoen siden tidlig på 1980-tallet. Det ble først benyttet som kommunalt deponi. Avfall ble deponert i celle 0 uten bunnnetting, topptetting eller oppsamling av sigevann. I 1997 ble deponicelle 1 bygd med en enkelt betonitmembran som bunnnetting. Sigevann ble samlet opp og tilført infiltrasjonsbasseng 1.

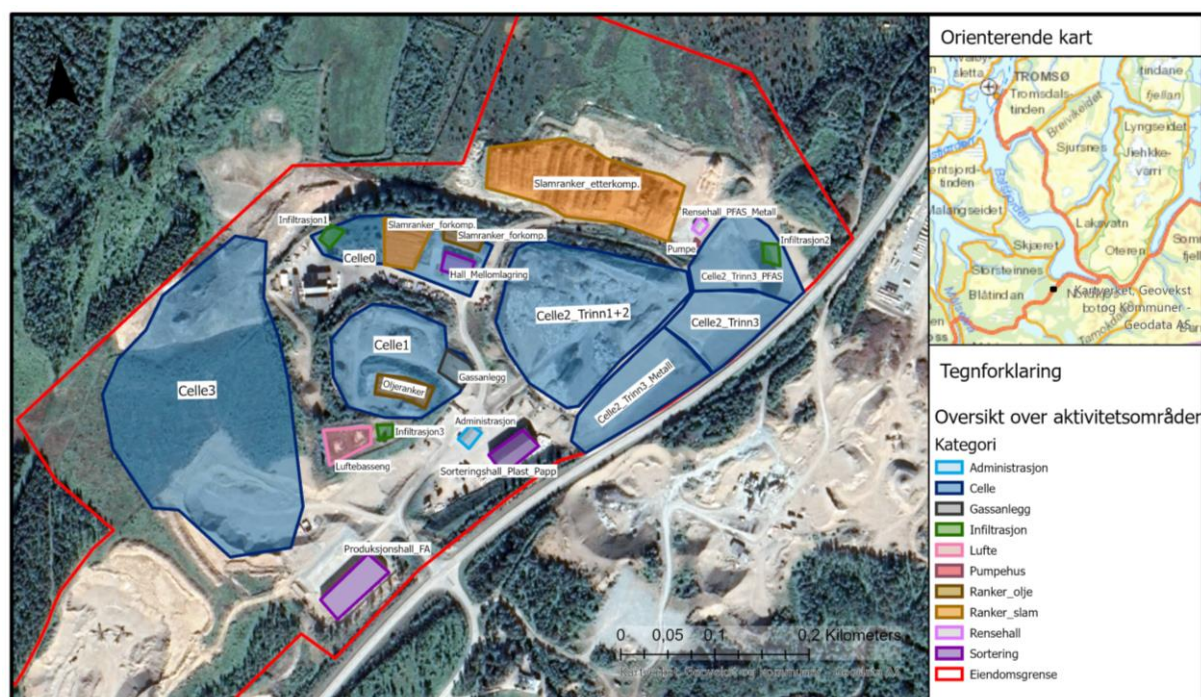
I 2000 overtok Perpetuum Circuli AS (da Miljø- og Ressurssenter Nord AS) Stormoen deponi. I 2001 ble celle 2 tatt i bruk for ordinært avfall. Samtidig ble deponering av avfall i celle 1 avsluttet. Celle 1 er ikke blitt topptettet, da cellens overflate fortsatt brukes til kompostering av oljeholdige masser.

Sigevann fra deponicelle 2 ble tilført til infiltrasjonsbasseng 2. Det ble også etablert et metangassanlegg for både celle 1 og 2.

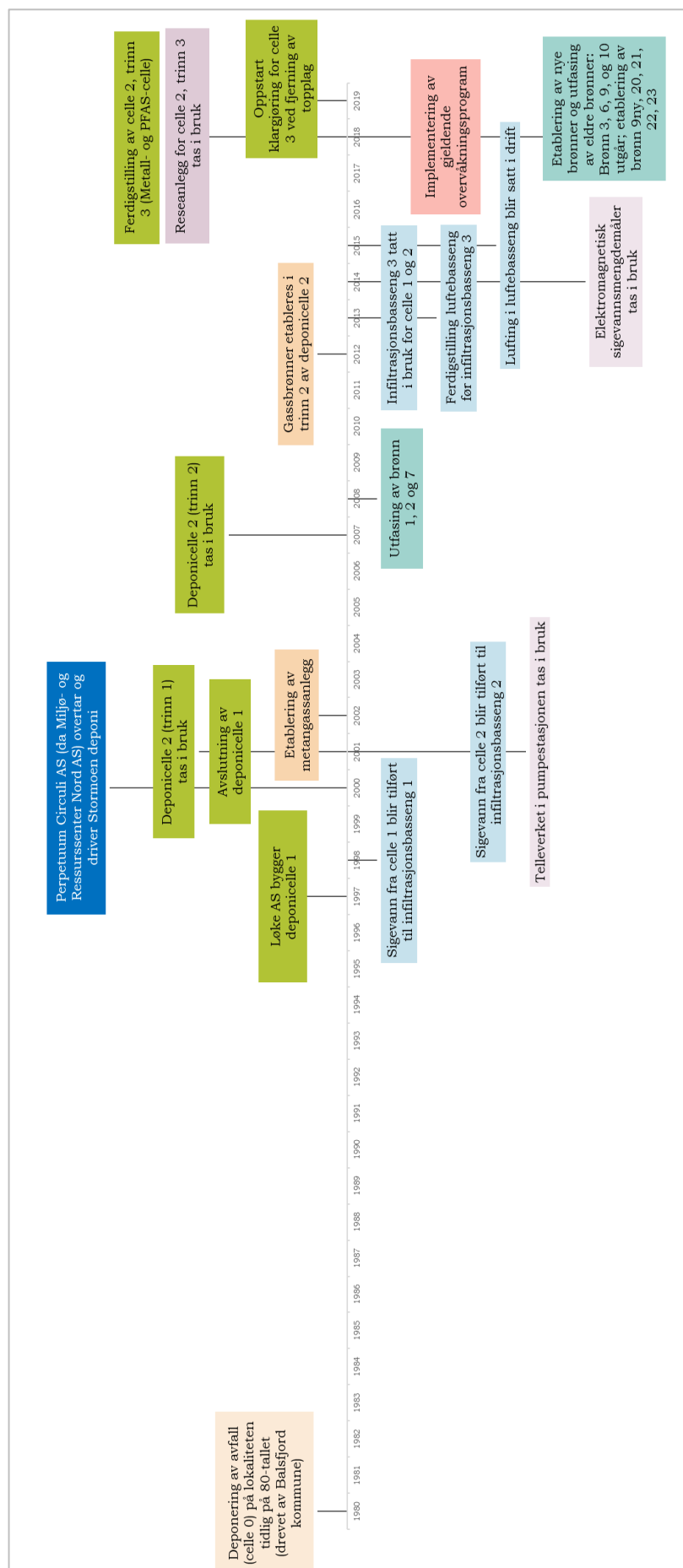
I 2013 ble et nytt infiltrasjonsbasseng og et luftebasseng etablert. Det ble tatt i bruk i 2014. Samlede sigevann fra celle 1 og 2 blir nå tilført infiltrasjonsbasseng 3. Lufting av luftebasseng ble igangsatt i 2015.

Eksisterende deponicelle 2 ble i 2018 utvidet med et trinn 3. Dette ble spesialdesignet for PFAS-masser og metallforurensede masser (farlig avfall) som er kjemisk stabilisert slik at de kan deponeres i klasse 2 deponi. Sigevannet fra disse celle går gjennom et eget renseanlegg før det blir tilført det samlede sigevann fra celle 1 og 2.

Deponicelle 2, trinn 1+2 begynner å nærme seg maksimal kapasiteten. For å beholde mest mulig kapasitet ledig for spesialfraksjonene i celle 2, trinn 3, ble det besluttet å bygge en ny deponicelle 3. I tillegg var det ønskelig å få etablert en celle uten uttak av metangass, der avfall uten potensiale for dannelselse av biogass kan deponeres. Grunnarbeidet startet i 2019, med ambisjon om et første trinn klart i 2020.



Figur 2: Oversikt av deponiområdet og aktivitetsområder. Område for aktiviteter stedfestet uten geografisk referanse, men ut fra visuell studie av gamle rapporter. Se Vedlegg II for større utgave av kartet.



Figur 3: Tidslinje som viser utviklingen av Stormoen deponi.

2.3 AKTIVITETER SOM PÅVIRKER SIGEVANN OG GRUNNVANN

Sigevannet fra et deponi er et resultat av det avfallet som deponeres i deponiet, miljøforhold som f.eks. vanntilførsel, temperatur og de biologiske og kjemiske prosessene som skjer inne i deponiet over tid. Ulike deler av deponiet kan derfor være i ulike faser avhengig av type avfall, mikroklimatiske forhold og alder. En rekke ulike interne og eksterne aktiviteter og typer avfall kan også påvirke sigevannet og grunnvannet.

2.3.1 Interne aktiviteter

a) Deponering av ordinært avfall

Ordinært avfall som deponeres på Stormoen består av flere forskjellige avfallstyper: fra husholdningsavfall, industriavfall til forurenset jord. Mer om sammensetning av avfallstyper kan sees i kapittel 2.4. I tillegg finnes det en egen spesialcelle for PFAS-holdige masser.

b) Deponering av farlig avfall

Stabilt og ikke reaktivt farlig avfall, som består utlekkingstester i hht. krav i avfallsforskriften, tillates deponert på Stormoen, i en begrenset mengde. Farlig avfall som er tilstrekkelig stabilt i utgangspunktet, kan deponeres på avgrensede områder i de ordinære deponicellene. Farlig avfall som krever kjemisk stabilisering for å bli tilstrekkelig stabilt, deponeres i celle 2, trinn 3 (ref. Figur 2, der det er angitt «metall»).

c) Slamranker/kompostering

Kompostering av septikslam og silgods fra renseanlegg, kommunalt avløp, blir utført på Stormoen (Figur 2). Innholdsstoffer fra kompostanlegget kan infiltrere og påvirke grunnvannet med organisk stoff, fosfor, nitrogen og koliforme bakterier.

Første fase i komposteringen utføres på vestsiden av den gamle plasthallen som står «mellom» celle 2 og celle 1. Komposteringen utføres på toppen av plataet med den gamle kommunale søppelfyllingen (celle 0) under. Ettermodning av komposten utføres på flaten på nedsiden av celle 2.

Avrenning av kompostrankene blir ikke samlet opp, men infiltrerer direkte i grunnen og må antas å påvirke grunnvannsbrønnene 20, 21, 22, 23, og kanskje 9 som ligger nedstrøms for deponiet.

d) Oljeforurensede masser

Kompostering av oljeforurensede masser blir utført inne på deponioverflaten i celle 1 (Figur 2). Eventuell oljeholdig avrenning, vil i den grad det ikke brytes ned i deponiet, samles opp i sigevannet.

e) Borekaks

I 2005 ble det tatt imot vannbasert marint borekaks på Stormoen. Borekakset ble mellomlagret på overflaten av den avsluttede deponicelle 1 for opptørking (Figur 2). I mai 2008 ble tørket borekaks fjernet fra celle 1 og brukt som tettingsmasse i topptettingskonstruksjon i fyllingsfronten på deponicelle 2. Det er ikke tatt imot borekaks etter 2008. Innholdsstoffene i en avrenning fra vannbasert borekaks er hovedsakelig lett nedbrytbare organiske stoffer og salter som kaliumklorid og natriumklorid.

2.3.2 Eksterne aktiviteter

a) Landbruk

Balsfjord er en kommune med mye landbruksnæring. Det er flere gårder og landbruksområder i nærområdet til deponiet, både oppstrøms og nedstrøms. Denne aktiviteten vil gi økende påvirkning på overflate- og grunnvannsresipientene jo lengre ned i vassdragene man kommer.

Landbruksforurensning kan inneholde flere typer forurensning. Det kan være for store mengder «naturlige» stoffer, for eksempel næringsstoffer (nitrogen og fosfor) fra gjødselstoffer eller miljøgifter som for eksempel sprøytemidler.

b) Vegtrafikk

Tett inntil deponiet og Stormyra ligger veien E6. Veien har drenering mot deponiområdet og Stormyra på den ene siden og Tømmerelva på den andre siden. Litt lengre sør (oppstrøms) drenerer E6 i mindre grad mot elva og grunnvannet som berører deponiområdet. Langs E6 benyttes det kjemikalier, i hovedsak salting med kaliumklorid. Dette kan påvirke målte nivåer av klorid og kalium i overflatevann og antakelig i grunnvann, men retning på grunnvannsstrømmer lokalt rundt veien er ukjent.

c) Industri

Rett sørvest for deponiområdet ligger det et massetak som har vært i drift i mange år. Det er også et massetak like øst for deponiet, på andre siden av E6, som har vært i drift i mange år. I sistnevnte massetak-grop ble det i 2017 etablert et asfaltverk som erfaringsmessig kan gi utslipp av mange miljøgifter, inkludert hydrokarboner og metaller. Like ved dette området ligger virksomheten Element NOR AS som produserer prefabrikkerte betongelementer. Disse virksomhetene påvirker spesielt Tømmerelva og Stormyra nedstrøms. Påvirkningen på grunnvannet er noe uklart siden det ikke finnes noen informasjon om grunnvannsstrømmen på andre siden av E6.

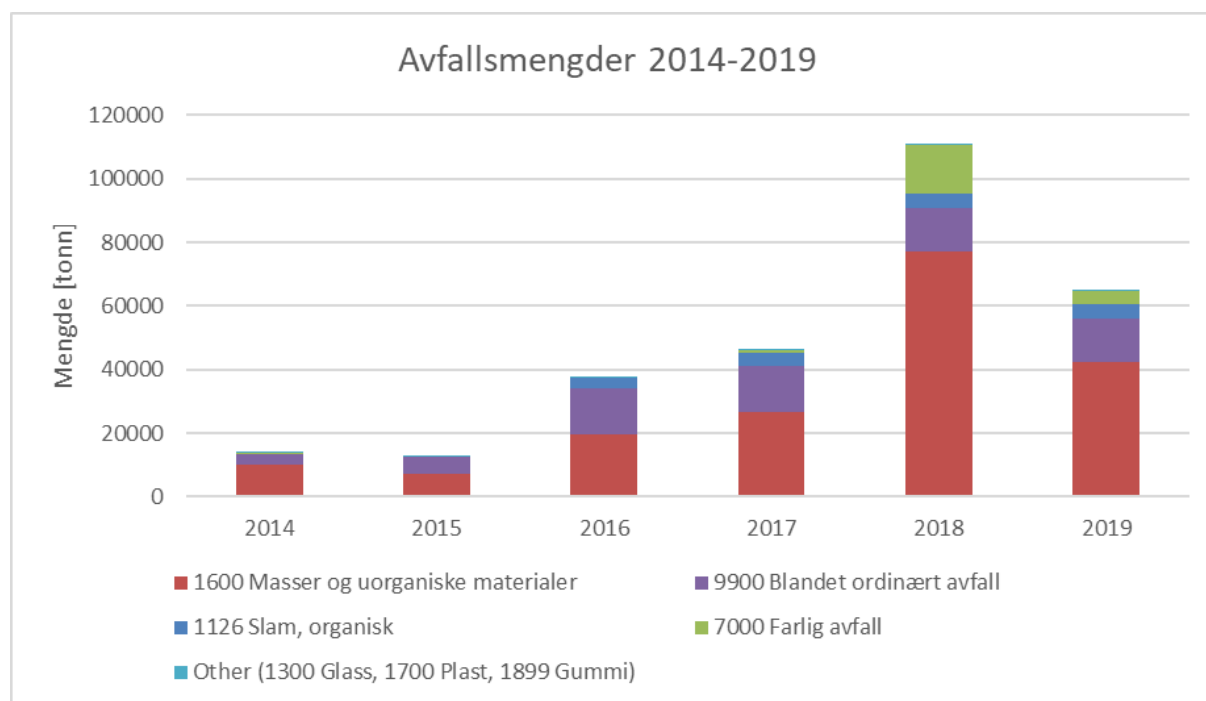
2.4 AVFALLSMENGDER 2019

I 2019 er det tatt imot totalt ca. 63.600 tonn avfall og masser, hvorav 53.100 tonn ble lagt på ordinært deponi (celle 2), 9000 tonn utenfor deponi (kompostranker) og 1.500 tonn brukt som dekkmasser. I tillegg ble 4.000 tonn forurenset grunn (farlig avfall) flyttet til celle 2, trinn 3 (metallcelle) etter mellomlagring og kjemisk stabilisering (Figur 4).

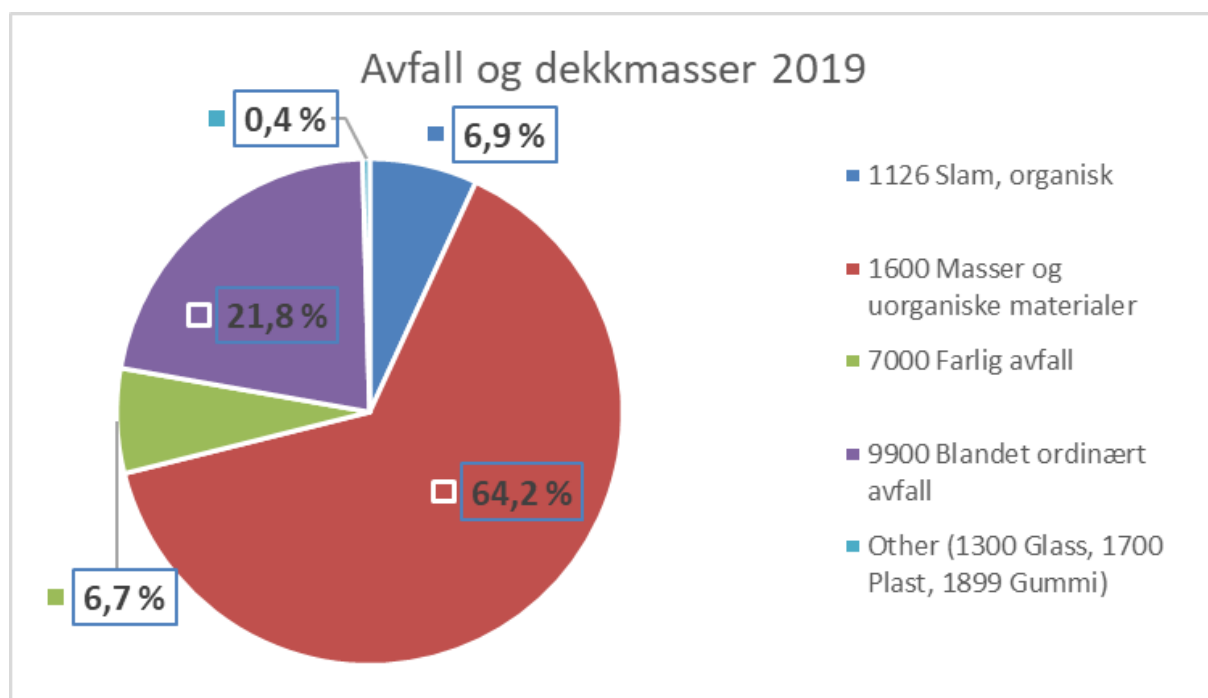
Hvis man ser på historikken fra 2014 ser man en generell økende trend for mottak av avfall. 2018 skiller seg litt ut med en topp på mottatt mengde, noe som i stor grad skyldtes et enkeltprosjekt (sanering av Tromsø skipsverft) som genererte mye avfall. Avfallsmengden for avfallstyper under avfallskode NS 1600 (*masser og uorganiske materialer*) og NS 7000 (*farlig avfall*) har økt de siste 2 årene. Mengde *blandet ordinært avfall* (NS 9900) og *organisk slam* (NS 1126) har vært relativt konstant.

Figur 5 viser den prosentuelle fordelingen av avfallstyper som ble tatt imot på Stormoen i 2019. *Masser og uorganisk avfall* (NS 1600) utgjør den største andel med 64%, fulgt av *blandet ordinært avfall* med 22%. *Farlig avfall* utgjør rundt 7%.

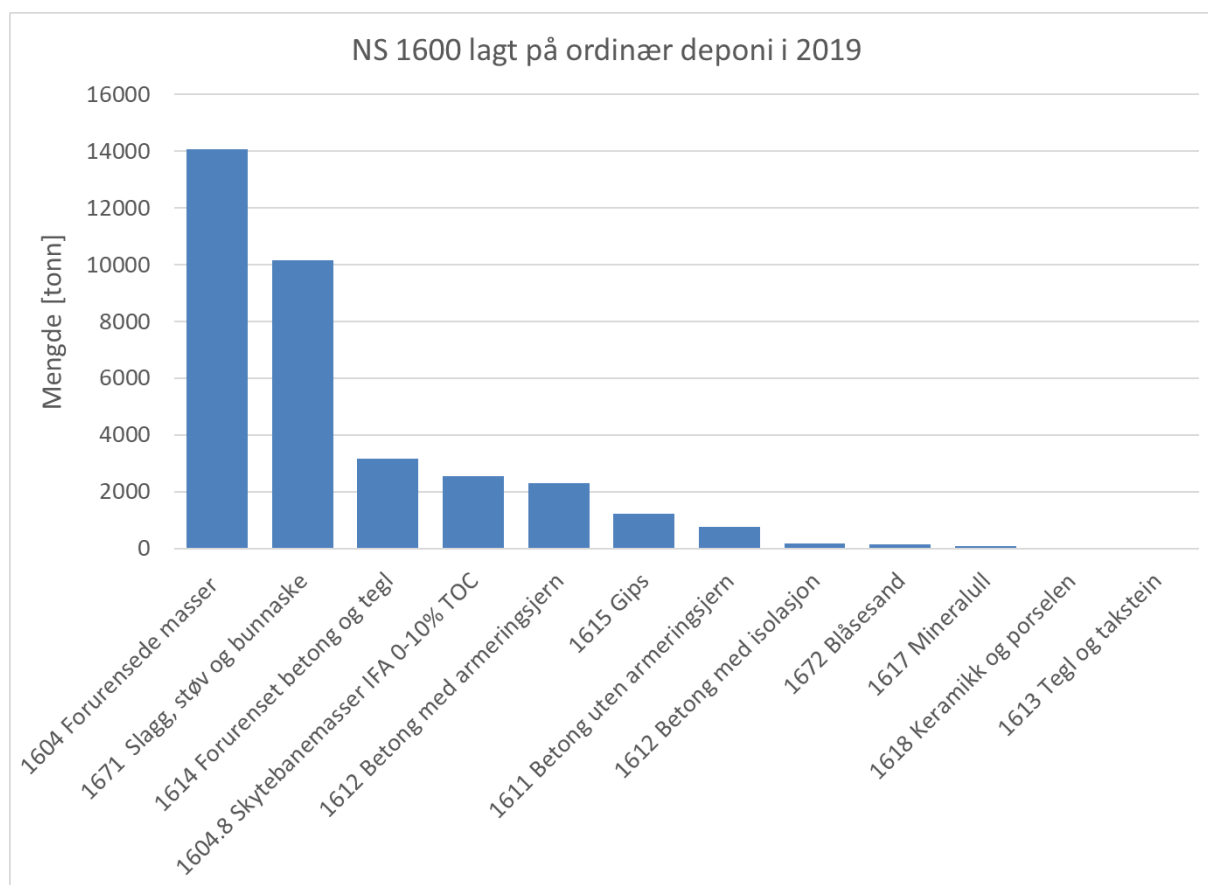
Ser man nærmere på fraksjonene tilhørende NS 1600 som er tatt imot i 2019 og blitt deponert i celle 2 (trinn 1 og 2), kan en se at forurensete masser som klassifiseres som ordinært avfall utgjør den største andelen med rundt 14.000 tonn (Figur 6). Det ble deponert omtrent samme mengde ordinært deponiavfall NS 9900 på samme deponiområde. Videre er det større mengder industri- og bygningsavfall fra avfallstypene slagg, støv, bunnaske, forurenset betong og tegl, skytebanemasser (ordinært avfall), betong med armeringsjern og gips.



Figur 4: Avfallsmengder og typer tatt imot på Stormoen i perioden 2014-2019.



Figur 5: Fordeling av avfallstyper mottatt på Stormoen i 2019.

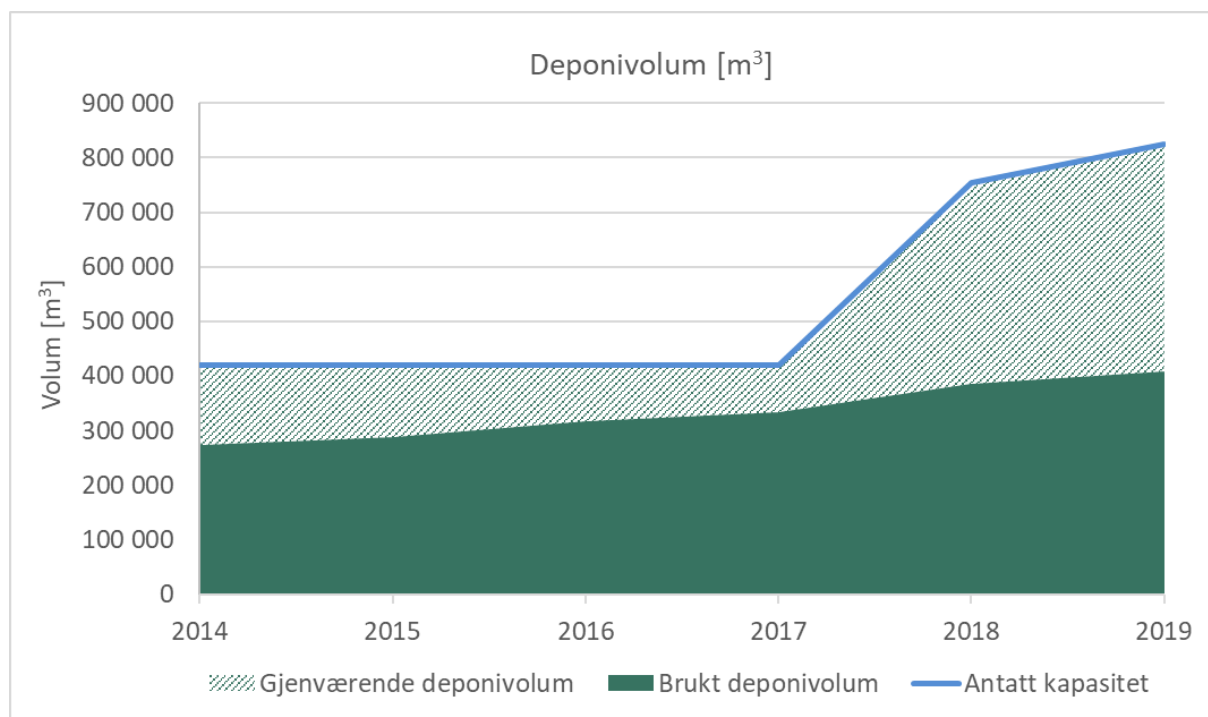


Figur 6: Sammensetning av avfallsmengde NS1600 lagt på celle 2 (trinn 1 og 2) i 2019.

Figur 7 viser brukt og gjenværende deponivolum på Stormoen. Kalkulering av deponikapasitet ble gjort av Multiconsult og er basert på reguleringsplanens krav om at maksimal kotehøyde etter avslutning skal være kote 72. I tillegg ble det tatt hensyn til mektighet til toppdekke og avrunding av deponitopp.

Etter utbygning av celle 2, trinn 3 i 2018 økte totalkapasiteten fra 420 800 m³ til estimerte 755 000 m³. Deponivolum ble korrigert til 825 000 m³ etter bygging og innmåling i 2019.

Med et brukt deponivolum på ca. 407 572 m³, har man i 2019 et gjenværende restvolum på 417 428 m³. Det meste av dette restvolumet ligger imidlertid i spesialcellene for PFAS-masser og kjemisk stabiliserte FA-masser (306 320 m³). Dette er ledig volum som ikke er ønskelig å bruke til ordinært avfall. Deponivolum vil øke igjen med utbygning av celle 3 de neste årene.



Figur 7: Brukt og estimerte gjenværende deponivolum på Stormoen, utfra beregnet kapasitet og innmålt volum av deponerte masser.

2.5 VANNBALANSE

Deponier får tilført vann gjennom nedbør og vanninnhold i avfallet som deponeres. En del vann fordamper fra deponiets overflate, men med de nedbørsmengdene vi har i Norge er det likevel vanlig at alle deponier har en netto produksjon av sigevann over tid. Ved mangelfulle oppsamlingssystemer for sigevann eller lekkasje vil diffus avrenning forekomme. En vannbalanse omfatter både kontrollert og ukontrollert transport av vann inn og ut av deponiet og kan gi en indikasjon på om det foreligger diffus avrenning eller lekkasje (SFT TA-1995 | 2003).

Vannbalansen beregnes som:

$$\Delta S_{\text{diffust}} = Q_{\text{inn}} - Q_{\text{ut (kontrollert)}}$$

S_{diffust} = diffust utslipp

Q_{inn} = vanninnhold i avfall + nedbør som treffer deponioverflaten

$Q_{\text{ut (kontrollert)}}$ = fordamping + kontrollert utslipp av sigevann fra deponiet

Differansen mellom Q_{inn} og Q_{ut} vil bestå av feil i beregningene og et mulig diffust utslipp $\Delta S_{\text{diffust}}$. Dersom diffust utslipp utgjør mer enn 5% av den totale vannmengden som går inn i deponiet på årsbasis er det en indikasjon på uakseptabel transport av sigevann (SFT TA-1995 | 2003).

Tabell 2 viser vannbalansen for Stormoen i årene 2014-2019. Beregningen og datagrunnlag av vannbalansen er detaljert beskrevet i en egen intern rapport Vedlegg III. F.o.m. 2015 er det benyttet en egen nedbørmåler på Stormoen for vannbalansen. Data oppnår derfor større nøyaktighet ved at lokale nedbørsdata benyttes som grunnlag.

Som det framgår av tabellen, viser beregningene for 2019 en negativ differanse på -13%. I alle de fem årene hvor det har vært måling av sigevannsmengde og nedbør som er mer nøyaktige, har det vært en negativ differanse. Dette betyr at beregnet mengde vann ut av deponiet er større enn beregnet mengde inn. Den største feilkilden er mest sannsynlig fordamping. Det kan derfor konkluderes med at det ikke er antydning til lekkasje fra deponiet.

Tabell 2 Vannbalansen for Stormoen i perioden 2014-2019.

	Q_{inn}	Q_{ut}	$\Delta S_{\text{diffust}}$	Differanse av Q_{inn} i %
2014	29.161 m ³	22.140 m ³	7.021 m ³	24%
2015	20.625 m ³	25.961 m ³	-5.336 m ³	-26%
2016	17.565 m ³	23.898 m ³	-6.333 m ³	-36%
2017	23.140 m ³	26.031 m ³	-2.891 m ³	-12%
2018	18.931 m ³	23.172 m ³	-4.242 m ³	-22%
2019	32.088 m³	36.228 m³	-4.140 m³	-13%

3. Sige vann og sige vanns sedimenter

3.1 SIGEVANNSDISPONERING OG PRØVETAKING

I perioden fra man startet analyseprogrammet og til og med 2012, ble sige vann fra celle 1 og celle 2 analysert hver for seg. Fra og med 2013, med etablering av lufte basseng, samles sige vannet fra begge deponicellene (1 og 2) i ett felles system og det tas kun prøver av det samlede sige vannet. Se kapittel 2.2 for oversikt av forskjellige deponiceller.

Oppsamlet sige vann fra deponicelle 1 pumpes fra pumpestasjon 1 (ved celle 1) til pumpestasjon 2 (ved celle 2). Pumpestasjon 2 pumper deretter alt sige vann fra både celle 1 og celle 2 fra alle tre deltrinn utenom trinn 3b (som ikke er i bruk) opp til lufte bassenget til felles behandling med etterfølgende infiltrasjon (infiltrasjonsbasseng 3).

Lufte bassenget, som er ca. 2 000 m³, er bunntett og utstyrt med to luftere som sørger for sirkulasjon og oksygentilførsel. Dette fremmer biologisk nedbrytning av organiske forbindelser i sige vannet. Lufterne kan ikke være i drift i den kaldeste delen av året og tas derfor ut i vinterhalvåret. Den biologiske aktiviteten vil uansett være lavere på vinteren slik at kunstig lufting er mindre viktig. På vinteren fungerer bassenget derfor mest som et stort sedimentasjonsbasseng. Oppholdstiden for sige vannet i lufte bassenget ville i snitt vært 2 måneder hvis den årlige tilførte sige vannsmengden var 12.000 m³/år. Med varierende årlig tilførsel, vil gjennomsnittlig oppholdstid endre seg.

Overløp fra lufte bassenget ledes via et rør til et infiltrasjonsbasseng like nord for lufte bassenget, hvor sige vannet infiltreres i grunnen. Grunnvannspeilinger indikerer at mektighet (tykkelse) på umettet sone under infiltrasjonsbassenget er nærmere 30 m. Sige vannet vil i hovedsak drenere vertikalt gjennom den umettede sonen før det når grunnvannet. Deretter vil det filtrerte vannet følge grunnvannsstrømmen mot Stormyra.

Sige vann prøvetas hvert kvartal, før og etter lufte bassenget, slik at renseeffekten til lufte bassenget kan kvantifiseres. Prøver før lufte basseng tas som blandprøver, og prøver etter lufte basseng tas som stikkprøver. Prøver blir sendt for analyse til det akkrediterte laboratoriet Eurofins.

3.2 SIGEVANNSMENGDE

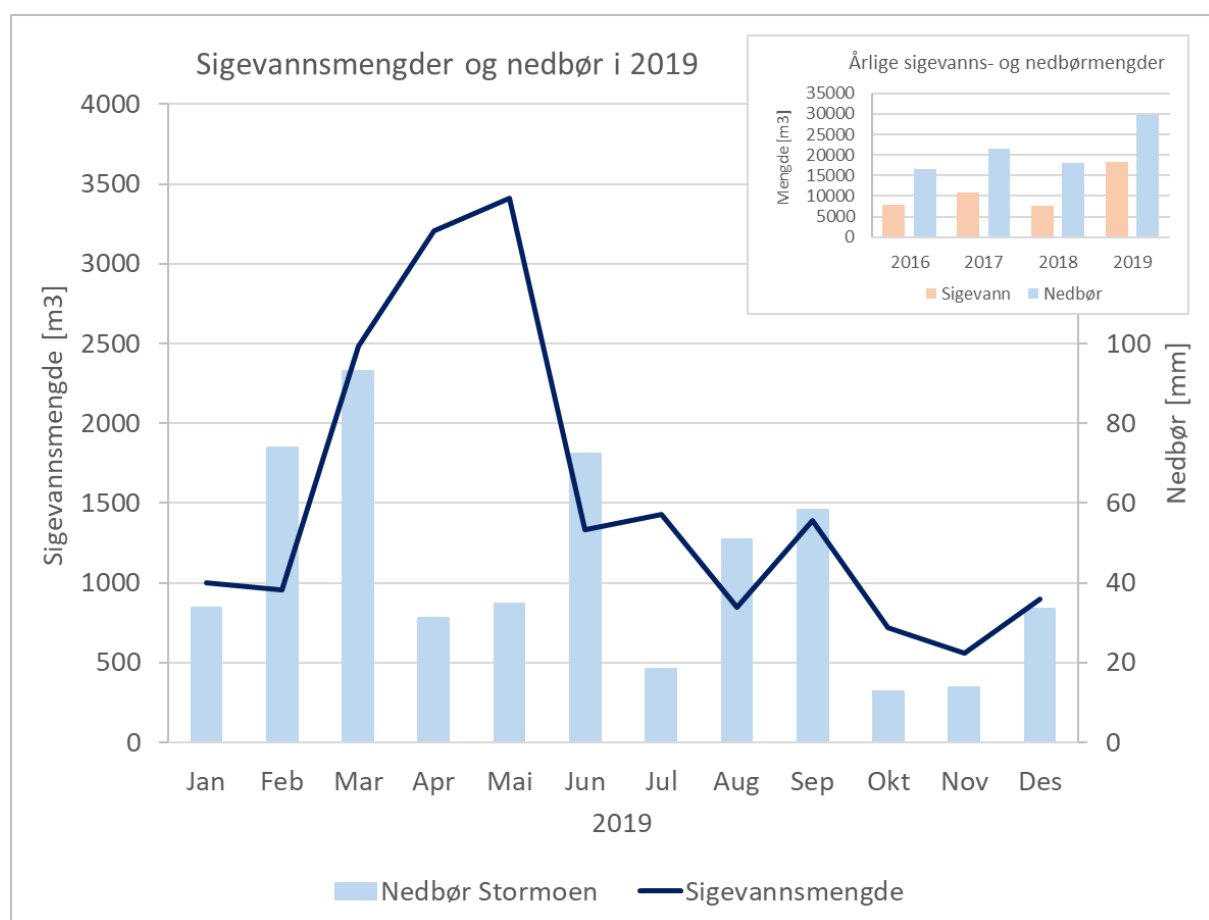
Sige vann genereres ved at vann (nedbør, overflatevann eller grunnvann) infiltrerer gjennom avfallet i deponiet. Konsentrasjoner i sige vann er dermed avhengig av lokale parameter. Ved liten sige vannsmengde vil konsentrasjonene være forhøyet og visa versa. Det vil derfor typisk være høyere sige vannkonsentrasjoner på lokasjoner med lite nedbør, enn der man har mye nedbør. Dette varierer også med hvor godt deponiene har klart å avskjære fremmedvann fra å komme inn i deponiet - mye fremmedvann vil gi lavere konsentrasjoner.

På Stormoen er det relativt lite nedbør sammenlignet med andre deler av landet, og fremmedvann kommer ikke inn i deponiet. Det er derfor naturlig at konsentrasjonene i sige vannet er relativt høye sammenlignet med andre deponier. Derfor er det også viktig å betrakte den totale mengden som slipper ut gjennom beregningen av sige vannsutslipp (se kapittel 3.3.3).

Sige vannsmengden avleses ukentlig på elektromagnetisk vannmåler i pumpehuset ved lufte bassenget, hvor alt oppsamlet sige vann fra deponicelle C1 og C2 pumpes gjennom.

Mengdemåleren for sigevann har vært i drift i hele 2019. Figur 8 viser månedlige sigevannsmengder og nedbør i 2019, samt årlige sigevannsmengder for 2016-2019. Sigevannsmengden er høyest i tidsrom mars-mai pga. snøsmelting. Den totale sigevannsmengden er målt til 18.238 m³. I snitt utgjør det 0,6 l/s.

Sigevannsmengden i 2019 er høyere enn årene før. Dette skyldes både en økning i deponi-/nedbørs-arealet (24,1%), men også at 2019 hadde en god del mer nedbør enn årene før. Nedbørsmengden i 2019 lå faktisk 25,8% høyere enn gjennomsnittet for perioden 2015-2018. Figur 8 viser at sigevannsmengden korrelerer med nedbørsmengden, der årene med høyere nedbørsmengder har økte sigevannsmengder. April-mai gir et større avvik mellom nedbør og generert sigevann, på grunn av snøsmelting.



Figur 8 Sigevanns- og nedbørsmengder på Stormoen pr måned i 2019, samt årlige sigevannsmengder fra 2016-2019 i graf oppe til høyre (nedbørdata fra Stormoen værstasjon og Bardufoss værstasjon).

3.3 VURDERING AV SIGEVANNSANALYSER

3.3.1 Grenseverdier

Per dags dato finnes det ikke noen «offisielle» grenseverdier for utslipp av rensert sigevann til miljøet.

Miljødirektoratet anbefaler å sammenligne konsentrasjoner i sigevannet med EQS-verdier (Environmental Quality Standard) som er angitt i Veileder 02:2018 «Klassifisering av miljøtilstand i vann» (Vannportalen, 2018).

Veilederen angir tilstandsklasser ved prioriterte stoffers konsentrasjon. Grenseverdien er bestemt utfra et risikohensyn for helse og miljø for eller via akvatiske økosystem. Grenseverdien årlig gjennomsnitt (AA-QS) er ment å gi beskyttelse for kronisk eksponering mens maksimal verdi (MAC-QS) er ment å gi beskyttelse for akutt eksponering. Vannforekomsten anses å ha god tilstand hvis vannforekomsten oppnår tilstandsklasse I eller II (Tabell 3). Om et av de prioriterte stoffene overskrider EQS vil dette føre til en nedklassifisering av kjemisk tilstand for den aktuelle vannforekomsten.

Tabell 3 :Grenseverdier for tilstandsklasser i ferskvann fra Veileder for klassifisering av miljøtilstand i vann (Vanndirektivet, 2018)

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC _{kronisk}	Øvre grense: MAC-QS, PNEC _{akutt}	Øvre grense: PNEC _{akutt} *AF	

I denne rapporten ble AA-QS benyttet som grenseverdier for vurdering av sigevann- og overflatevannskonsentrasjoner. Dersom det ikke finnes EQS-verdier for et stoff benyttes PNEC-verdier (Predicted No Effect Concentration) (tatt ut fra rapporten fra (NGI, 2012)). PNEC-verdier representerer konsentrasjoner med antatt nivå for ingen effekt.

For å belyse grad av påvirkning av stoffer kan en forurensingsindeks benyttes (SFT TA-1995 | 2003). Forurensingsindeksen er konsentrasjonen av et gitt stoff i en sigevannsprøve (C_s) dividert med konsentrasjonen av det samme stoffet i en referanseprøve (C_r) (prøve av bakgrunnsverdi av grunnvann oppstrøms deponi):

$$F_i = C_s / C_r$$

Dersom forurensningsindeksen for en aktuell komponent er over 10 anses sigevannet å kunne ha en uakseptabel påvirkning på resipienten. Forurensingsindeksen belyser hvilke stoffer som har høye konsentrasjoner i sigevannet i forhold til bakgrunnsnivået av de samme stoffene, men den gir ikke et direkte uttrykk for hvor miljøskadelig de er.

I denne rapporten brukes hovedsakelig EQS, PNEC-verdier og forurensingsindeksen til vurdering av sigevannsanalyseresultater. Resultater blir også sammenlignet med gjennomsnittlige sigevannskonsentrasjoner fra aktive deponier i Norge rapportert i NGI-rapporten «Miljøgifter i sigevann fra avfallsdeponier i Norge. Data fra perioden 2006–2010» (NGI, 2012).

Gjennomsnittskonsentrasjoner av stoffer som ikke er oppført i NGI-rapporten ble hentet av SFT-rapporten «Sammenstilling av resultater fra screeninganalyser av sigevann fra avfallsfyllinger» (SFT TA-2075 | 2005).

Sigevannssedimenter er vurdert etter SFT-veilederen for «helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn» (SFT TA-2553|2009).

3.3.2 Beregning av renseeffekt

Ved å sammenligne analyseresultatene av sigevann før og etter luftebassenget kan renseeffekten av lufting estimeres.

Renseeffekten beregnes som aritmetisk gjennomsnitt av alle renseeffektene for hvert prøvetakingskvartal hvor det ble tatt prøver for behandlet og ubehandlet sigevann (f.o.m. kvartal 2 2015).

$$\text{Renseeffekt} = 100 - \left(100 \times \frac{\text{Konsentrasjon etter luftebasseng}}{\text{Konsentrasjon før luftebasseng}} \right)$$

Vi gjør oppmerksom på at prøver tatt «før» luftebasseng er blandprøver tatt i pumpestasjonen, og prøvene «etter» luftebasseng er stikkprøver fra basseng med i størrelsesorden 2 måneders oppholdstid. Vurdering av renseeffekten av luftingen er likevel en god tilnærming som viser utviklingen.

3.3.3 Beregning av sigevannsutslipp

Den totale mengden stoff som slippes ut fra et deponi beregnes ved å multiplisere den årlige gjennomsnittlige konsentrasjonen av et innholdsstoff i sigevannet med den årlige vannmengden som ble sluppet ut samme år (SFT TA-2077|2005):

$$\begin{aligned} \text{Deponi sigevannsutslipp} \left[\frac{\text{kg}}{\text{år}} \right] = & \left(\text{Konsentrasjon}_{\text{jan-mar}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times \text{vannmengde}_{\text{jan-mar}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{år}} \right] \right) \\ & + \left(\text{Konsentrasjon}_{\text{april-juni}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times \text{vannmengde}_{\text{april-juni}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{år}} \right] \right) \\ & + \left(\text{Konsentrasjon}_{\text{juli-sept}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times \text{vannmengde}_{\text{juli-sept}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{år}} \right] \right) \\ & + \left(\text{Konsentrasjon}_{\text{okt-des}} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times \text{vannmengde}_{\text{okt-des}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{år}} \right] \right) \end{aligned}$$

Beregningen av sigevannsutslipp gir et estimat på det totale utslippet av stoffmengder til det ytre miljøet. På Stormoen måles sigevannsmengden i mengdemåler like før luftebassenget.

3.4 RESULTATER FRA 2019 OG SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE ÅR

Tabell 4 viser en oppsummering av analyseresultater for sigevann. Resultatene fra 2019 er sammenlignet med tidligere år: før (< 2014, *ubehandlet*) og etter behandling av sigevann startet (2014-2018, *behandlet*). I tillegg viser tabellen EQS-verdier, referanseverdien («bakgrunnsverdien») for Stormoen og forurensingsindeksen (SFT TA-1995 | 2003).

Resultatene viser at stoffkonsentrasjoner i sigevannet har vært kraftig nedadgående for de fleste parameter etter innføring av luftebasseng i 2014. Før 2014 lå 7 tungmetaller over grenseverdien for ferskvann, men i 2019 er det bare nikkel, krom og kadmium som viser forhøyde konsentrasjoner.

Forurensingsindeksen påpeker at sigevannet har spesielt forhøyde konsentrasjoner av næringsstoffer (nitrogen, ammonium og fosfor), TOC, krom, arsen og antimon.

For nærmere diskusjon om de enkelte forbindelser se kapittel 3.5 (trendlinjer sigevann) og kapittel 7 (miljøriskovurdering).

Tabell 4: Resultater av sigevannsanalyser etter luftebasseng (aritmetisk middel) og bakgrunnsverdier for Stormoen, sammenlignet med grenseverdier (AA-EQS eller PNEC) og forurensingsindeks etter SFT TA-1995 | 2003. Rød skrift: resultater > grenseverdien og/eller $F_i > 10$.

Parameter	Enhet	Grense-verdi (AA-EQS) ¹	< 2014 (ubehandlet)	2014-2018 (behandlet)	2019 (behandlet)	Referanse-verdi ³	Forurensings-indeks F_i 2019 ⁴
pH	[-]		7,25	7,97	7,85	6,62	1,18
Konduktivitet	[mS/m]		874	843	677	13,43	50,40
Klorid (Cl)	[mg/l]		1174	1329	910	7,43	122,47
Natrium (Na)	[mg/l]		849	978	768	---	---
Bor (B)	[mg/l]		4,62	6,54	5,45	---	---
Ammonium (NH ₄ -N)	[mg/l]		395	318	207	2,02	102,47
Total Nitrogen	[mg/l]		478	377	255	2,52	101,19
Total Fosfor	[mg/l]		1,92	1,14	1,09	0,04	27,25
Suspendert stoff	[mg/l]		36	41	23	---	---
Total organisk karbon (TOC)	[mg/l]		352	301	323	9,93	32,52
Kjemisk oksygenforbruk (KOF _{CR})	[mg/l]		1806	674	410	52,79	7,76
Biologisk oksygenforbruk (BOF ₅)	[mg/l]		284	33	17	6,16	2,76
Akutt toksisitet (TU)	[-]		45	2,60	1,30	---	---
Jern (Fe)	[mg/l]		46	2,30	0,87	5,68	0,17
Mangan (Mn)	[mg/l]		2,53	0,89	0,59	1,35	0,44
Sink (Zn)	[µg/l]	11	148	8,69	5,03	4,71	1,07
Kobber (Cu)	[µg/l]	7,8	35	9,88	2,37	1,54	1,53
Bly (Pb)	[µg/l]	1,2	7,77	0,64	0,23	0,2	1,15
Kadmium (Cd)	[µg/l]	0,02 ²	1,35	0,06	0,01	0,02	0,50
Nikkel (Ni)	[µg/l]	4	48	28	17	2,39	7,11
Krom (Cr)	[µg/l]	3,4	139	85	45	0,68	66,18
Arsen (As)	[µg/l]	0,5	55	25	16	0,24	66,66
Kvikksølv (Hg)	[µg/l]	0,047	0,04	0,02	0,01	0,003	3,33
Antimon (Sb)	[µg/l]		---	1,25	0,93	0,06	15,50
Σ PFAS	[ng/l]		---	7434	4450	<10	445
Σ PAH ₁₆	[µg/l]	2,4 ²	4,22	0,49	0,21	---	---
Σ BTEX	[µg/l]	80 ²	129	3,91	5,25	---	---
Olje i vann C10-C40	[mg/l]	60 ²	397	0,12	<0,1	---	---

¹ AA-EQS: årlig gjennomsnitt EQS (environmental quality standard) etter veileder 02:2018 (Vanndirektivet, 2018)

² PNEC (predicted no effect concentration) – verdier tatt ut fra NGI-rapporten (NGI, 2012).

³ aritmetisk middel av analyseresultater av brønn 14 (2010-2019) og brønn 18 (2018-2019). For noen parameter kan referanseverdien ikke beregnes enten pga. manglende datamengde eller fordi disse parameter er ikke med i analyseprogram. PFAS ble bare målt i 2019.

⁴ Forurensingsindeks beregnet etter veileder SFT TA-1995 | 2003.

3.5 TRENDLINJER SIGEVANN

Kapittelhenvisninger viser trendkurver for utviklingen av ulike stoffer og målinger i sigevannet de siste 6 årene (2014-2019)- etter lufting av sigevannet i luftebasseng ble innført.

Data er i tillegg sammenstilt med statistiske sigevannsdata fra deponier i Norge fra årene 2006-2010 som er rapportert i NGI-rapporten «Miljøgifter i sigevann fra avfallsdeponier i Norge» (NGI, 2012). Data fra denne rapporten viser det geometriske gjennomsnitt. Dette gir best informasjon om et «typisk» deponi.

Selv om dataperiodene fra NGI rapporten og denne overvåkningsrapporten ikke stemmer overens, gir en sammenligning av begge datasett et godt innblikk i hvilket nivå Stormoen ligger i forhold til andre deponier i Norge.

3.5.1 pH-verdi

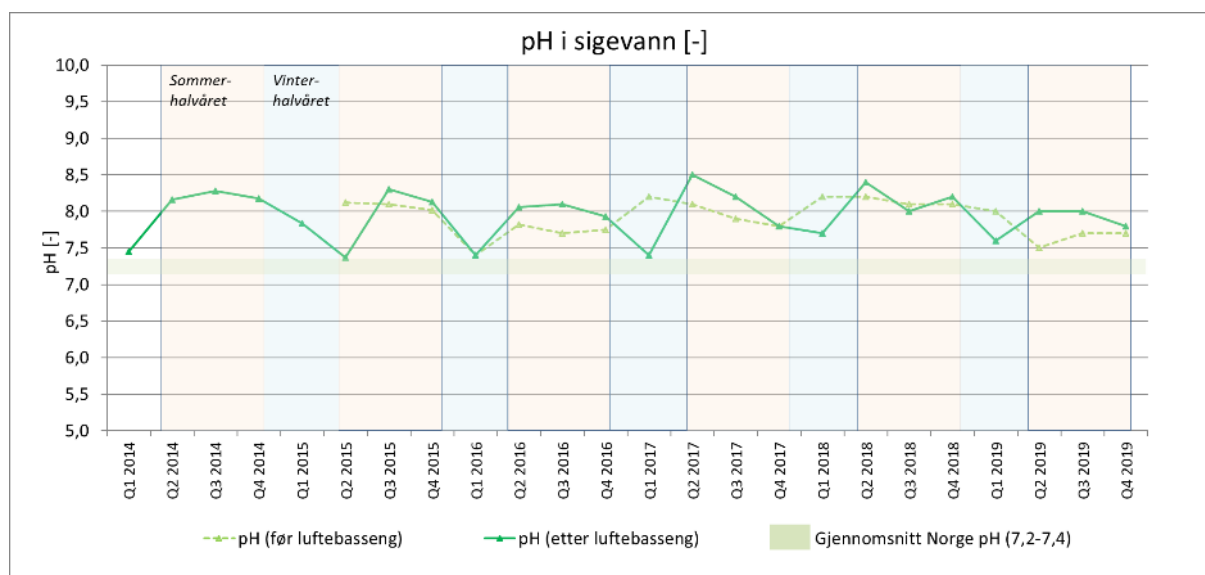
Figur 9 viser **pH-verdier** i sigevannet før og etter luftebasseng. Verdiene ligger på mellom 7,4 og 8,5 (gjennomsnitt: 7,97). Før lufting ble igangsatt i 2014 lå pH-verdiene nøytralt rundt 7,25 (Tabell 4).

Lufting av sigevann øker pH-verdien. Det er et resultat av biologiske og kjemiske prosesser som settes i gang. Resultatene viser videre at pH stiger ved lufting i sommerhalvåret. pH synker om vinteren som følge av at luftingen stoppes, og at lavere temperaturer i vinterhalvåret reduserer biologisk aktivitet.

pH er en viktig parameter i sigevannet. Det er blant annet viktig i forbindelse med mobilisering av metaller. Metallers mobilitet påvirkes av pH og forenklet kan en si at både høy og lav pH øker mobiliteten. De fleste metaller har imidlertid lavest løselighet på basisk side (pH 8-10). Dermed er de foreliggende pH-verdiene i sigevannet på Stormoen gunstig for utfelling av metaller i luftebassenget.

På slutten av 2018 satt Perpetuum i drift del 3 av deponicelle 2. Her har man slagg med høy pH i drengslaget, og sigevannet fra denne celle har høyere pH-verdier (gjennomsnitt 2019: 10,7 – data vises ikke i rapporten). Det ble antatt i sigevannsrapporten fra 2018 at bidraget fra trinn 3 vil gjøre at pH i 2019 og årene fremover vil øke i luftebassenget. I 2019 har vi imidlertid ikke sett noen økning av pH i luftebassenget.

Sammenlignet med pH-verdiene til deponier i Norge ligger pH-verdien litt over gjennomsnitt (7,2-7,4). I NGI rapporten rapporteres både deponier med og uten behandling av sigevann. Det er derfor rimelig å anta at gjennomsnittlig pH-verdier er litt lavere enn på Stormoen.



Figur 9: Målt pH i sigevann i perioden 2014-2019 før og etter luftebasseng. Lufting av sigevannet utføres i sommerhalvåret (oransje) og stoppes i vinterhalvåret (blå).

3.5.2 Organisk stoff

Andel **organisk stoff** i sigevannet måles ved forskjellige parameter:

KOF (Kjemisk oksygenforbruk): Her menes KOF_{cr} , som angir hvor mye oksygen som forbrukes kjemisk med et oksidasjonsmiddel inneholdende kromat. Dette er et mål på den totale mengden organisk stoff i sigevannet som kan la seg bryte ned over tid. (Må ikke forveksles med KOF_{mn} , som er en analyse som bruker et mildere oksidasjonsmiddel med mangan, og normalt gir langt lavere KOF-verdier.)

BOF (biologisk oksygenforbruk): Her menes BOF_5 , som måler hvor mye oksygen som forbrukes ved biologisk nedbrytning av organisk stoff over 5 dager. Er et mål på lett biologisk nedbrytbart organisk stoff i sigevannet. (Det finnes også en analyse kalt BOF_7 , som måler det samme, men over 7 dager, slik at verdiene kan bli litt høyere)

TOC (totalt organisk karbon): Mengden karbon som er bundet i organiske forbindelser.

Figur 10 og Figur 11 viser utviklingen av organisk stoff i sigevannet fra 2014-2019. BOF- og KOF-andel i sigevannet viser en nedadgående trend de siste to årene (Figur 10). TOC har vært stigende i 2017 og 2018, men synker igjen i 2019 (Figur 11).

En mulig bidragsfaktor for økte verdier i 2018, kan være at det ble tatt imot store mengder nytt avfall dette året. Reduserte verdier i 2019 kan delvis skyldes fortynning grunnet mye nedbør i 2019, og delvis skyldes bidrag av sigevann fra det nye trinn 3 i celle 2, som med eget for-renseanlegg bidrar med sigevann med lavere organisk innhold.

Det er større mengder kjemisk nedbrytbart organisk stoff i sigevannet i vinterhalvåret enn i sommerhalvåret. TOC følger også denne trenden. Årsaken til dette er lavere nedbrytingsrater om vinteren pga. lavere oksygentilførsel og lavere mikrobiologisk aktivitet. Samme effekten kan en se for BOF i 2018 og 2019 (før 2018 lå ofte BOF-verdiene under deteksjonsgrensen og man kan derfor ikke konkludere det samme for disse årene).

Den gjennomsnittlige renseeffekten av luftebasseng er 20% for KOF og 35% for BOF; renseeffekten for TOC ligger på 18%.

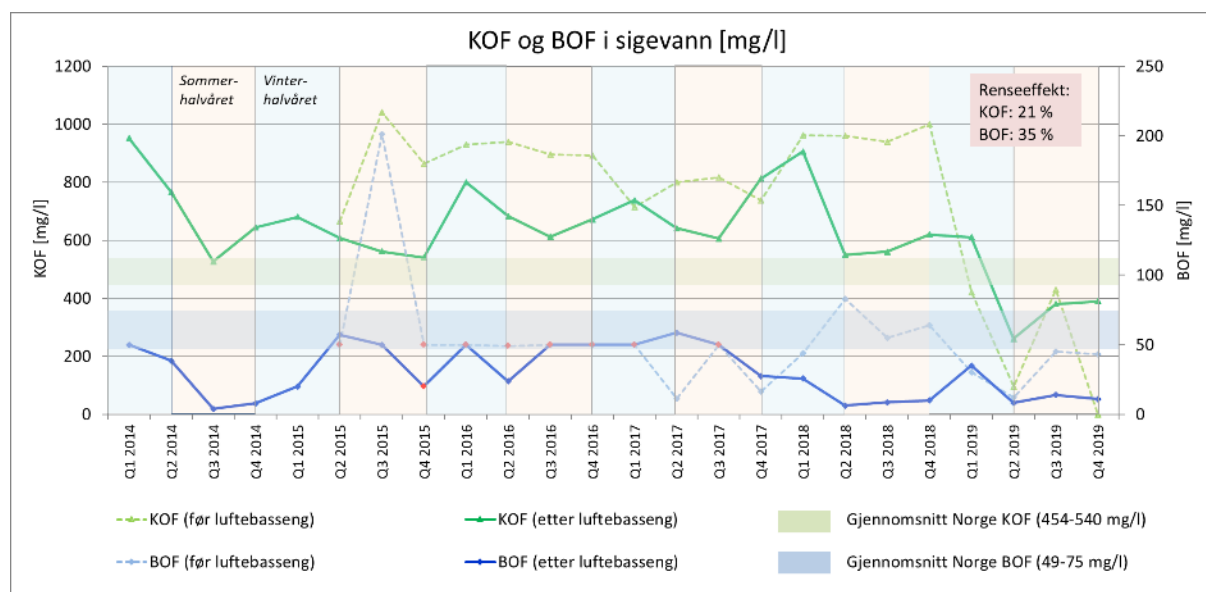
På landsbasis ligger KOF-innholdet i sigevann gjennomsnittlig mellom 454-540 mg/l for aktive deponier i perioden 2006-2010. Stormoen har et gjennomsnitt på 630 mg/l (gjennomsnitt 2014-2019) og er dermed noe høyere.

Gjennomsnittet på landsbasis for BOF ligger på mellom 49 og 75 mg/l. Stormoen har et gjennomsnitt på 30 mg/l og er dermed under landsgjennomsnitt.

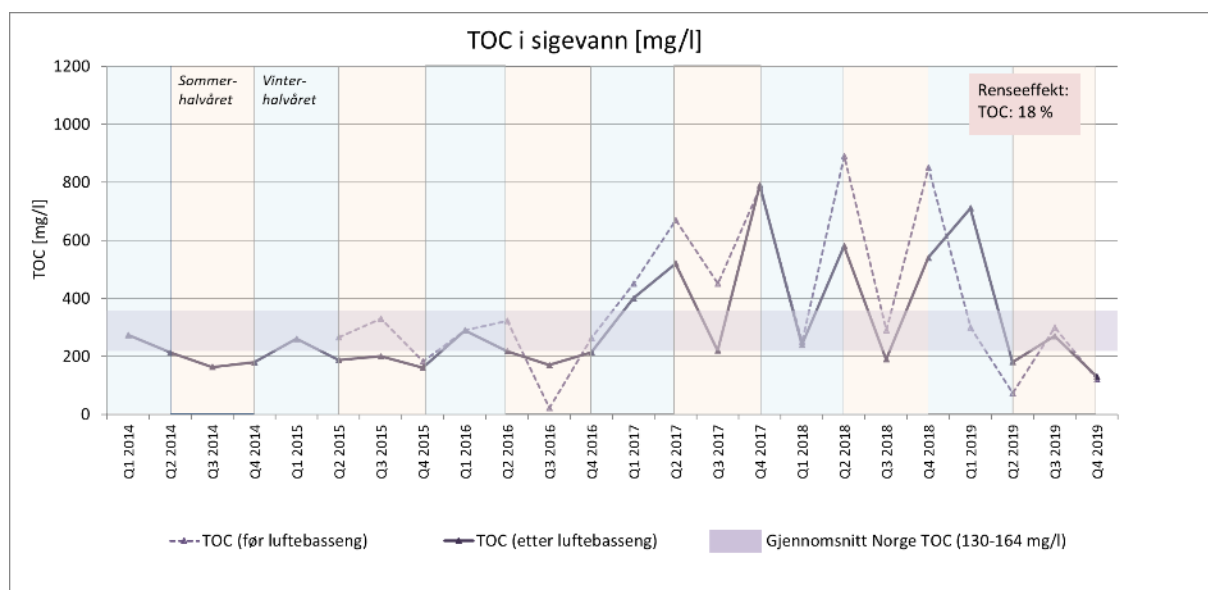
Gjennomsnittlige TOC-konsentrasjoner på Stormoen ligger på 304 mg/l og er dermed høyere enn gjennomsnittet på landsbasis (130-164 mg/l).

Om man kun ser på målingene hvor BOF er over deteksjonsgrensen, har man i perioden 2014-2019 et gjennomsnittlig BOF/KOF-forhold på 4 %. BOF/KOF-forholdet (< 10%) indikerer effektiv biologiske nedbryting, men det foreligger fortsatt tungt nedbrytbare organiske stoffer i sigevannet.

KOF er en sum-parameter og kan ikke tilordnes enkelte skadestoffer. Høye KOF-verdier skyldes forskjellige organiske og uorganiske kjemiske forbindelser i sigevannet. Dette kan være alt fra relativt harmløse organiske stoffer til organiske miljøgifter som blant annet oljeforbindelser, PAH og BTEX. Noen uorganiske miljøgifter som nitritt og svovelforbindelser kan også påvirke analysen. KOF er derfor en indikator på den totale tilførselen av organisk stoff, uansett type, og den oksygenbelastningen sigevannet ville gi på resipienten, hvis alt som er teoretisk nedbrytbart skulle bli brutt ned i resipienten.



Figur 10: Målte konsentrasjoner av biologisk oksygenforbruk (BOF) og kjemisk oksygenforbruk (KOF) i sigevannet før og etter lufting. Dersom BOF-verdien lå under deteksjonsgrensen (50 eller 20 mg/l) er deteksjonsgrensen benyttet som verdi i grafen, datapunktene er markert med rødt.



Figur 11: Målte konsentrasjoner av totalt organisk karbon (TOC) i sigevannet før og etter lufting.

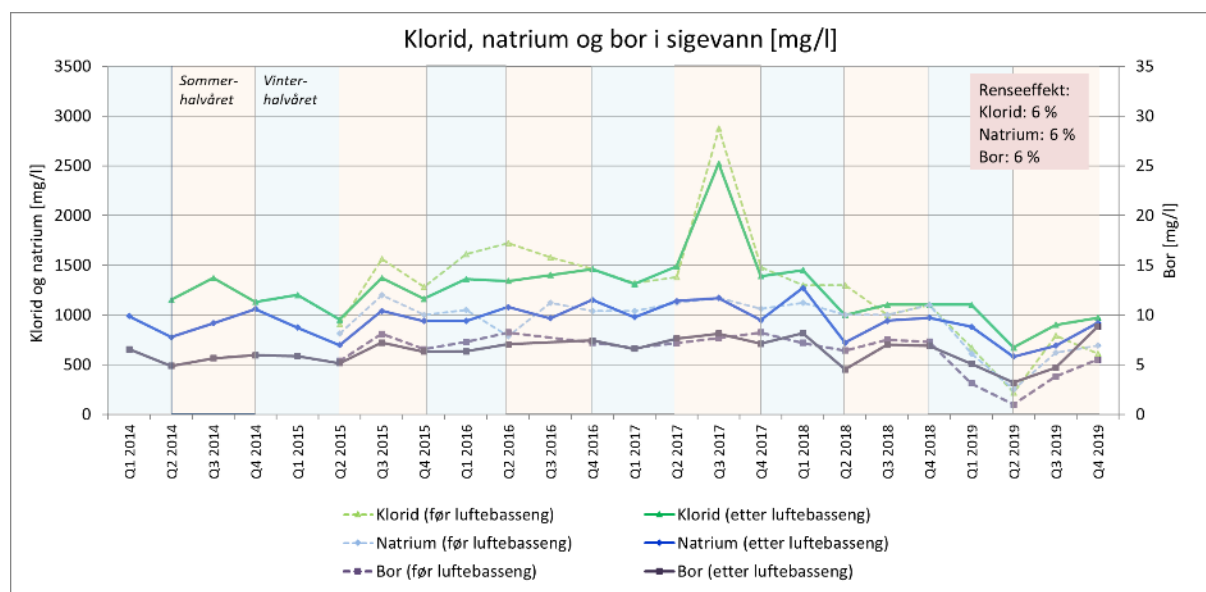
3.5.3 Springsstoffer

Fordeling av de klassiske springsstoffene **klorid, natrium og bor** i sigevannet vises i Figur 12. Frem til 2018 ble i tillegg kalium analysert som indikator for påvirkning av sluttbehandlet vannbasert borekaks som ble lagret på deponiet fra 2005-2008. Kalium ble tatt ut av prøvetakingsprogrammet da kaliumnivået var uforandret etter fjerning av borekaks, og blir derfor ikke lenger rapportert.

Siden 2014 har nivået av klorid, natrium og bor stabilisert seg med et gjennomsnitt på 1200 mg/l (klorid), 940 mg/l (natrium) og 6 mg/l (bor). Det viser seg at natrium og bor følger nivåene til klorid, med unntak av en måling i kvartal 3 i 2017 der en får høye klorid-konsentrasjoner. Årsaken til denne ene høye klorid-konsentrasjonen er noe uklar og kan skyldes mulig prøvetakings- eller analysefeil.

Renseeffekten er for alle tre stoffer ganske lav (6%), noe som er typisk for springsstoffer fordi de ikke reagerer lett med andre stoffer.

Det finnes ikke noen grenseverdier for klorid, natrium og bor i vann. Disse er nødvendige næringsstoffer, og de anses normalt ikke som skadelig med mindre de opptrer i høye konsentrasjoner. Den kalkulerte forurensingsindeksen F_i (se Tabell 4) indikerer at klorid-konsentrasjoner i sigevannet (910 mg/l) er mye høyere enn bakgrunnsverdien i grunnvannet (7 mg/l).



Figur 12: Målte konsentrasjoner av klorid, natrium og bor i sigevannet før og etter lufting.

3.5.4 Næringsstoffer

Nitrogen og fosfor er viktige plantenæringsstoffer. Utslipp av store mengder nitrogen og fosfater, spesielt i ferskvann, kan påvirke økosystemet. Utslipp av fosfater gir ofte en ukontrollert algeoppblomstring som overstiger biomassen som naturlig beiting av dyreplankton og algespisende organismer i vannet kan håndtere. Resultatet er en eutrofieringstilstand som kan gi store mengder plantemateriale som tar over biotopen, deretter går i forråtnelse og i verste fall kan biotopen ødelegges.

Fra Tabell 4 og Figur 13 ser man at total mengde nitrogen (N-tot); ammonium ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) i sigevannet er nedadgående over de siste årene, etter innføring av luftebasseng. For fosfor (P-tot) er det vanskelig å se noen klare utviklingstrekk i de siste årene (Figur 14), men verdiene har også vært høyere før innføring av luftebasseng. Det antas at målingen under deteksjonsgrensen i kvartal 1 i 2018 skyldes sannsynligvis en prøvetakings- eller analysefeil.

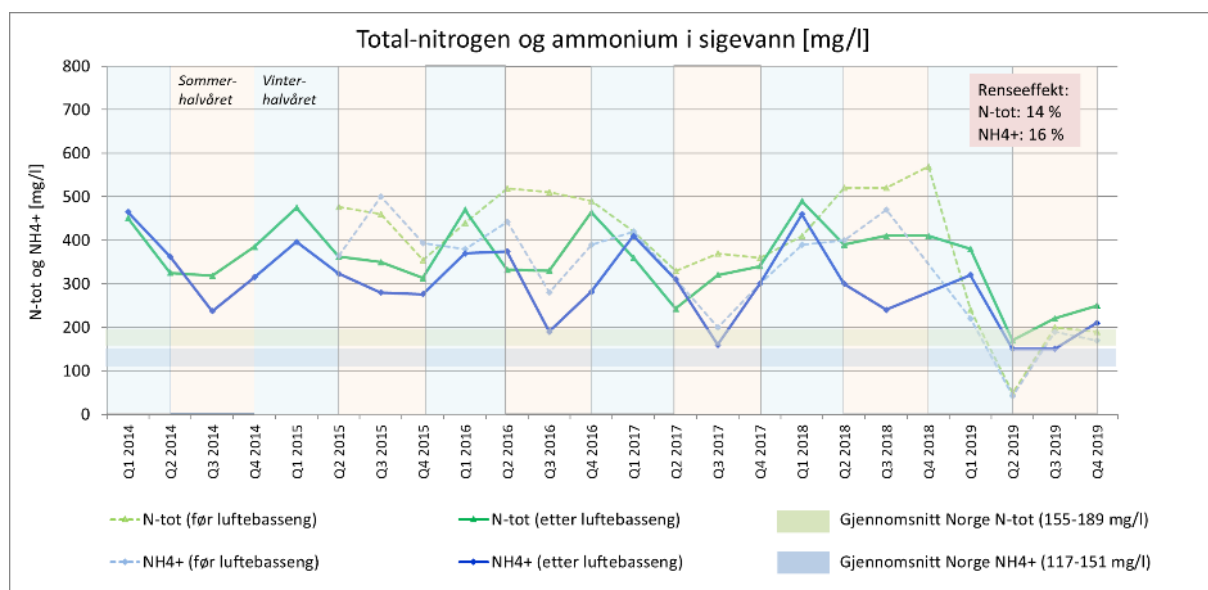
Total-nitrogen (N) korrelerer godt med ammonium (NH_4), som viser at sigevannet i hovedsak består av ammonium som ofte finnes i organiske forbindelser. Nedbryting av disse organiske forbindelsene frigir aminosyrer og ammonium. Ammonium kan videre omsettes til nitritt og nitrat under aerobe forhold som tas opp av mikroorganismer eller planter.

Resultatene viser at lufting i luftebasseng fører til reduksjon i innholdet av næringsstoffer, dette fordi biologisk vekst i luftebassenget vil ta opp næringsstoffer fra vannfasen og overføre disse til biomasse (slam). I perioden en har hatt lufting av sigevann (f.o.m. målingen 28.08.14 t.o.m. 2019), har man en gjennomsnittlig renseeffekt for Tot-N og ammonium på hhv. 14% og 16%, mens man for P-tot har en renseeffekt på 32%. Dette bekrefter at man har biologisk omsetning i luftebassenget.

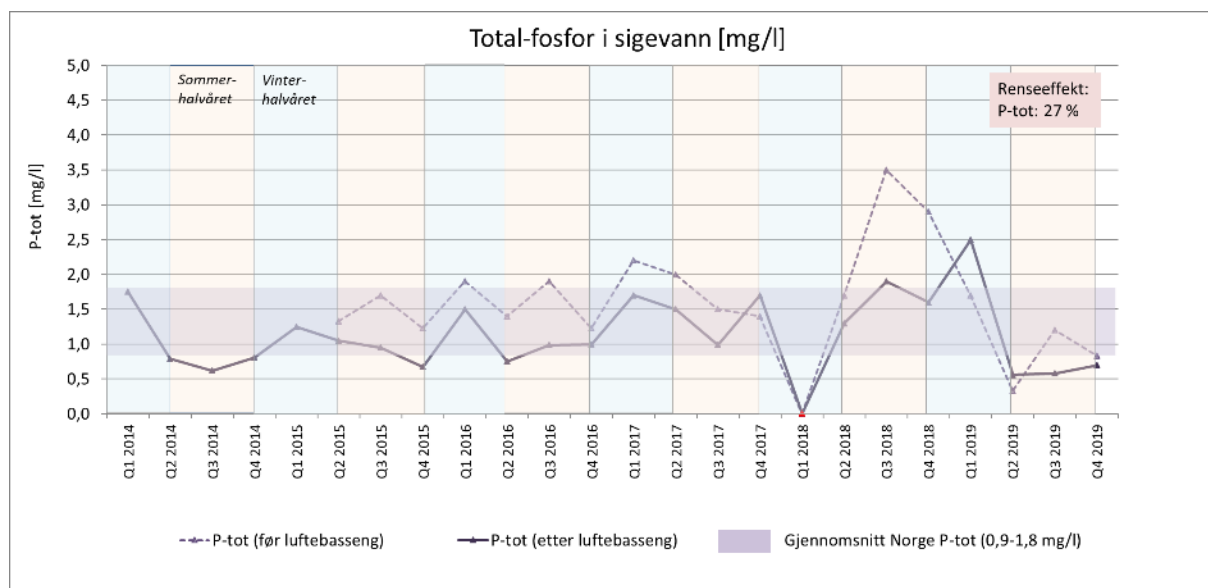
I tillegg ser man et tydelig mønster avhengig av årstiden. N-tot og ammonium-konsentrasjoner er lavere på sommerhalvåret enn på vinterhalvåret. P-tot viser samme trenden (bortsett fra «feilmålingen» i Q1-2018). På grunn av lavere temperaturer og at lufterne tas ut av bassenget om vinteren får en lavere biologisk aktivitet og dermed økt innhold av næringsstoffer i vannfasen.

Det har vært en reduksjon i verdiene i 2019 i forhold til årene før. Dette kan delvis skyldes fortynning grunnet mye nedbør i 2019, og delvis skyldes bidrag av sigevann fra det nye trinn 3 i celle 2, der det deponeres avfall med lavt innhold av næringsstoffer.

Sigevann fra Stormoen deponi ligger over landsgjennomsnittet (155-189 mg/l; 117-151 mg/l) for nitrogen (357 mg/l) og ammonium (299 mg/l), men innenfor landsgjennomsnitt for fosfor (0,9-1,8 mg/l) med 1,1 mg/l.



Figur 13: Målte konsentrasjoner av nitrogen (N-tot) og ammonium (NH4+) i sigevannet før og etter lufting.



Figur 14: Målte konsentrasjoner av fosfor (P-tot) i sigevannet før og etter lufting. I Q1 2018 lå fosfor under deteksjonsgrensen (0,002 mg/l) – markert med rødt.

3.5.5 Tungmetaller

En rekke **tungmetaller** er på Miljødirektoratets liste over prioriterte stoffer. Tungmetallforurensning av jord og vann representerer et stort miljøproblem som kan gi skadelige konsekvenser for landbruk og helse.

Lufting av sigevann kan medføre utfelling av metaller, i tillegg til effekten av flokkulering og sedimentering man får i luftebasseng, da miljøgifter i stor grad er assosiert til partikler. Renseeffekten kan være noe lavere i vintermånedene, noe som kan være grunnet både lavere biologisk aktivitet (mindre slam og flokkulering) og lavere oksygennivå og pH som kan påvirke en utfelling.

Tungmetaller som slippes ut i grunnvann havner som regel før eller senere i sedimenter, der de gjerne blir værende dersom ikke vannkjemien endres i betydelig grad. Metaller i sediment har derfor stort sett redusert betydning for organismer som holder til i vannfasen, men utgjør en desto større risiko for dem som lever i nær kontakt med sedimentet.

Stormoen deponi har en egen spesialdesignet deponicelle (celle 2, trinn 3, se Figur 2) for metallforurensede jord (skytebanemasser og lignende) som er farlig avfall, men som er blitt stabilt nok for deponering etter kjemisk stabilisering. Denne cellen ligger i øverste deltrinn av trinn 3 på deponicelle 2 (kalt «*metall-celle*»). Sigevannet fra denne cellen behandles i et renseanlegg, før det blir ført sammen med sigevannet fra de øvrige deponicellene på anlegget og videre til felles behandling i luftebasseng. Det foreligger en egen rapport om sigevann fra metall-cellen (Statusrapport, desember 2019) som finnes i Vedlegg IV.

Tabell 5 viser konsentrasjoner av tungmetaller i sigevann fra metall-cellen alene, sammenlignet med samlet sigevannet fra celle 1 og 2 før luftebasseng. Tabellen viser at konsentrasjonene i sigevannet fra metall-cellen er mindre enn 10% av konsentrasjonen i de samlede sigevannet for de fleste tungmetaller, med unntak av antimon, arsen og bly.

Tabell 5: Konsentrasjon av tungmetaller i sigevannet fra metall-celle etter renseanlegg og før tilføring til sigevannet fra celle 1 og 2 i perioden nov 2018 - desember 2019.

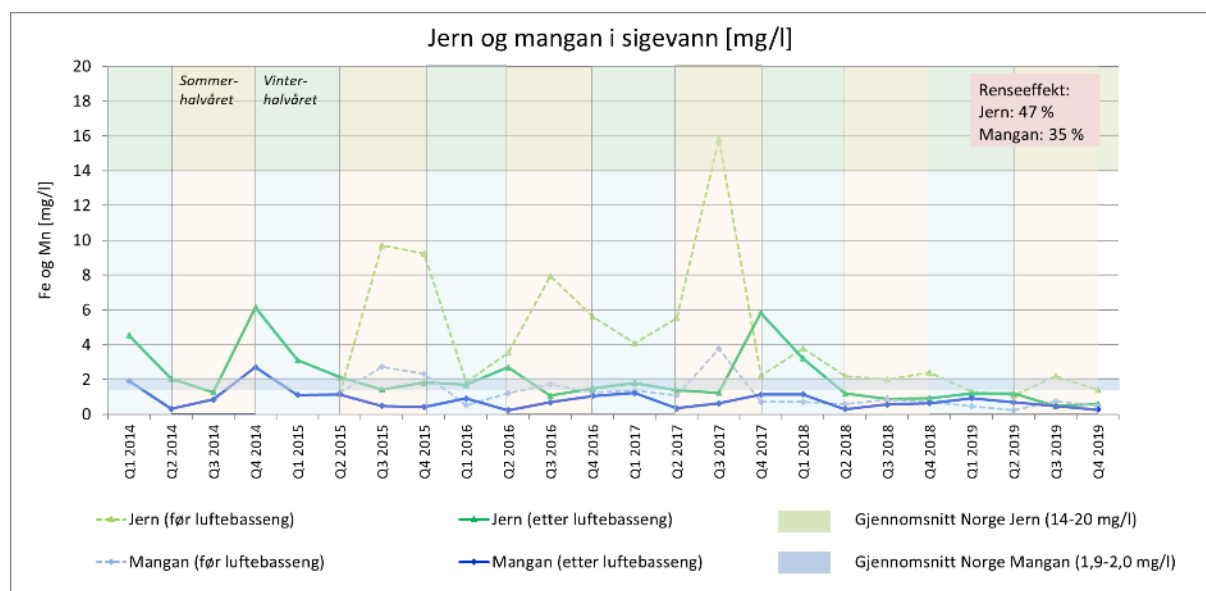
Parameter	Enhet	Sigevann fra metall celle etter renseanlegg	Sigevann fra celle 1 +2 før luftebasseng	Konsentrasjon i metall-celle/ samlet konsentrasjon sigevann celle 1 og 2 [%]
Jern (Fe)	[µg/l]	6,46	1496	0,4
Mangan (Mn)	[µg/l]	1,44	447,6	0,3
Sink (Zn)	[µg/l]	2,54	103,7	2,4
Kobber (Cu)	[µg/l]	0,63	13,9	4,5
Bly (Pb)	[µg/l]	0,28	2,0	14,2
Kadmium (Cd)	[µg/l]	0,24	2,6	8,9
Nikkel (Ni)	[µg/l]	0,96	20,6	4,7
Krom (Cr)	[µg/l]	0,64	41,5	1,5
Arsen (As)	[µg/l]	2,41	12,7	18,9
Kvikksølv (Hg)	[µg/l]	0,01	0,13	7,0
Antimon (Sb)	[µg/l]	0,57	1,5	37,9

a) Jern og mangan

Etter innføring av luftebasseng har man fått en betydelig reduksjon i både **jern- og manganverdier** og disse har stabilisert seg (Figur 15). Om man vurderer renseeffekten i luftetrinnet i perioden fra lufting ble innført t.o.m. 2019, viser dette renseeffekt på 47% for jern og 35% for mangan.

Høyt jerninnhold er typisk for sivevann fra deponier, og skyldes reduserende forhold i avfallsmassene hvor jern foreligger på toverdlig form (Fe^{2+}). Når sivevannet kommer i kontakt med luft oksideres jernet og felles ut som lite løselige jernhydroksider. Når jern felles ut som partikler medfører ofte dette en «medutfelling» av andre forbindelser via flere ulike mekanismer, inkludert sorpsjon til partikkeloverflater (f.eks. tungmetaller).

Sammenlignet med gjennomsnittlige konsentrasjoner i sivevannet fra andre aktive deponier i Norge ser man at Stormoen ligger langt under gjennomsnitt for jern og noe under gjennomsnitt for mangan (gjennomsnittlige konsentrasjon Stormoen jern: 2 mg/l og mangan: 0,8 mg/l i perioden etter at lufting ble innført).



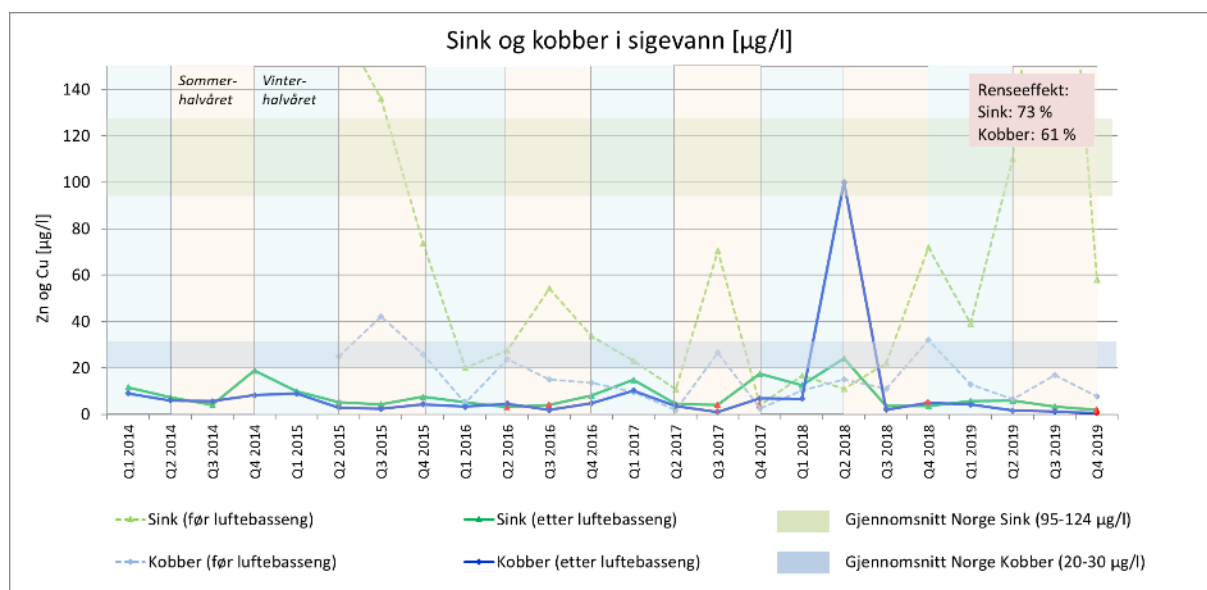
Figur 15: Målte konsentrasjoner av jern (Fe) og mangan (Mn) i sivevannet før og etter lufting.

b) Sink og kobber

Utviklingen av **sink og kobber** i renset sigevann (Figur 16) viser at konsentrasjonene har vært relativt stabile de siste årene (med unntak av 2. kvartal 2018). Konsentrasjoner i ubehandlet sigevann viser imidlertid en økende trend, spesielt for sink.

Renseeffekten i luftetrinnet i perioden fra lufting ble innført for både sink og kobber er høy (73% og 61%). I 2019 er gjennomsnittlige konsentrasjoner etter luftebassenget på rundt 5 µg/l (Zn) og 2,4 µg/l (Cu), og dermed under EQS-verdiene på 11 µg/l (Zn) og 7,8 µg/l (Cu).

I tillegg ligger sink og kobber-konsentrasjonene (8 og 9 µg/l i snitt for perioden siden lufting ble innført) i behandlet sigevann på Stormoen under landsgjennomsnittet.



Figur 16: Målte konsentrasjoner av sink (Zn) og kobber (Cu) i sigevannet før og etter lufting. Dersom verdiene lå under deteksjonsgrensen er disse benyttet som verdi i grafen, datapunktene er markert med rødt. I Q2-2015 og i Q3-2019 lå Zn konsentrasjoner ved 169 og 290 µg/l (utenfor skala).

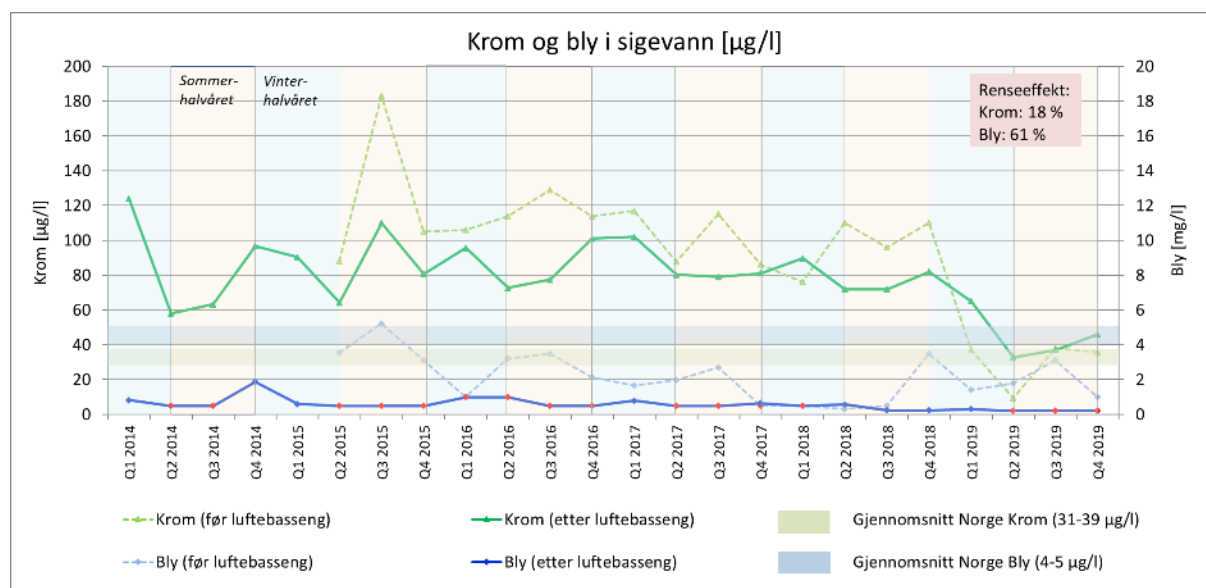
c) Krom og bly

Figur 17 viser målte konsentrasjoner av **krom og bly** i sigevannet. Nivåene av krom og bly har vært relativt stabile de siste årene, spesielt krom viser en nedadgående tendens i 2018 og 2019.

Bly har ligget under deteksjonsgrensen de siste 6 årene ved 16 av 24 målinger. I tillegg ligger gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i 2019 (0,23 µg/l) under EQS-verdien (1,2 µg/l) og under PNEC-verdien (0,4 µg/l). Krom-konsentrasjonene i 2019 er gjennomsnittlig på 45 µg/l, som er rundt 10-ganger over EQS-verdien (3,4 µg/l).

Den kalkulererte renseeffekten for perioden etter at lufting ble innført, er 18% for krom og 61% for bly.

Sammenlignet med gjennomsnittskonsentrasjoner fra aktive deponier i Norge, ligger bly med et gjennomsnitt siden lufting ble innført på 0,6 µg/l, under landsgjennomsnittet på 4-5 µg/l. Tilsvarende ligger krom med 78 µg/l, over landsgjennomsnittet på 31-39 µg/l.

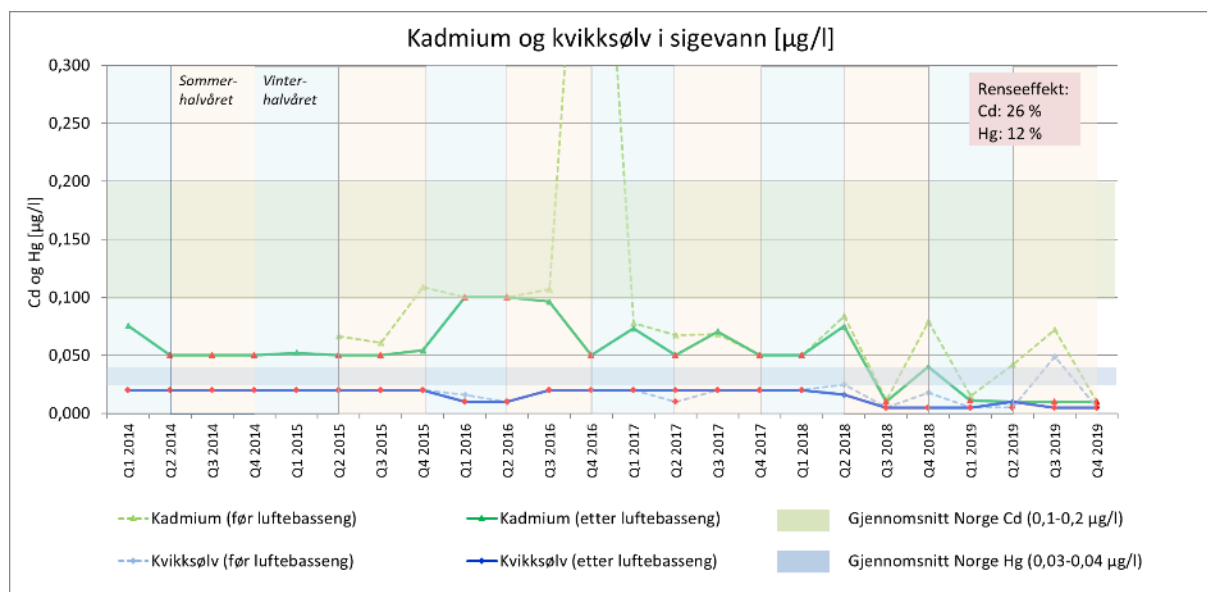


Figur 17: Målte konsentrasjoner av krom (Cr) og bly (Pb) i sigevannet før og etter lufting. Dersom bly-verdien lå under deteksjonsgrensen blir disse benyttet som verdi i grafen, datapunktene er markert med rødt.

d) Kadmium og kvikksølv

Nivået av **kadmium og kvikksølv** ligger stort sett under deteksjonsgrensen etter luftebasseng, og i noen tilfelle litt over deteksjonsgrensen før luftebasseng (Figur 18). EQS-verdiene av kvikksølv (0,047 µg/l) blir ikke overskredet i 2019 eller i årene før. Det finnes ikke EQS-verdi for kadmium i ferskvann. PNEC-verdien for kadmium er 0,02 µg/l og de gjennomsnittlige konsentrasjon i 2019 (0,01 µg/l) ligger dermed under verdien.

Sammenlignet med gjennomsnittsverdier fra andre deponier i Norge ligger kadmium og kvikksølv-konsentrasjoner med 0,05 µg/l og 0,01 µg/l (gjennomsnitt siden lufting ble innført) på Stormoen under landsgjennomsnittet.



Figur 18: Målte konsentrasjoner av kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) i sige vannet før og etter lufting. Dersom verdiene lå under deteksjonsgrensen er disse benyttet som verdi i grafen, datapunktene er markert med rødt. I Q4-2016 lå Cd konsentrasjoner ved 0,1 µg/l (utenfor skala).

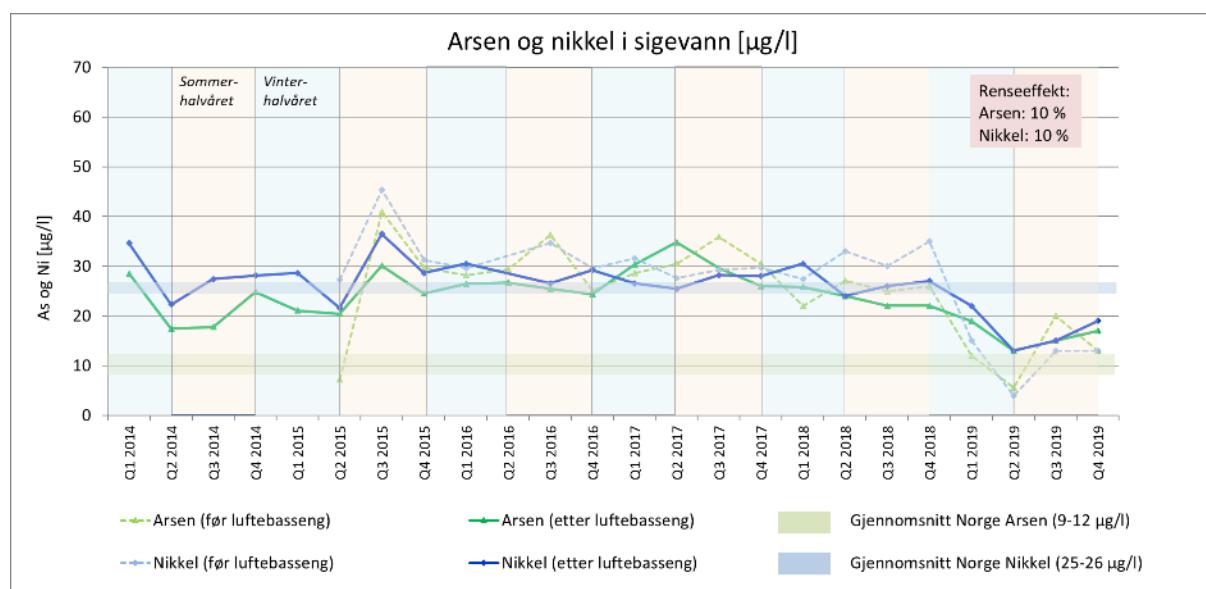
e) Arsen og nikkel

Nivået av **arsen og nikkel** i sigevannet har vært relativt stabil fra 2014-2018, og nedadgående i 2019 (Figur 19). Reduserte verdier i 2019 kan delvis skyldes fortynning grunnet mye nedbør i 2019, og delvis skyldes bidrag av sigevann fra det nye trinn 3 i celle 2, som med eget for-renseanlegg bidrar med sigevann med lavere metallinnhold.

Det finnes ikke noen betydelig sammenheng mellom årstidene og konsentrasjoner i sigevann, noe som kan ha sammenheng med at renseeffekten for begge stoffene relativt små (10%), slik at årstidsvariasjon er vanskelig å detektere.

Gjennomsnittskonsentrasjon i 2019 for arsen (16 µg/l) og nikkel (17 µg/l) ligger over EQS-verdiene (0,5 µg/l og 4 µg/l).

Sammenlignet med andre deponier i Norge, ligger Stormoen med en gjennomsnittlig nikkel-konsentrasjon i sigevann i perioden etter at lufting ble innført på 26 µg/l rundt landsgjennomsnittet, mens arsen med 24 µg/l, ligger noe over landsgjennomsnittet.

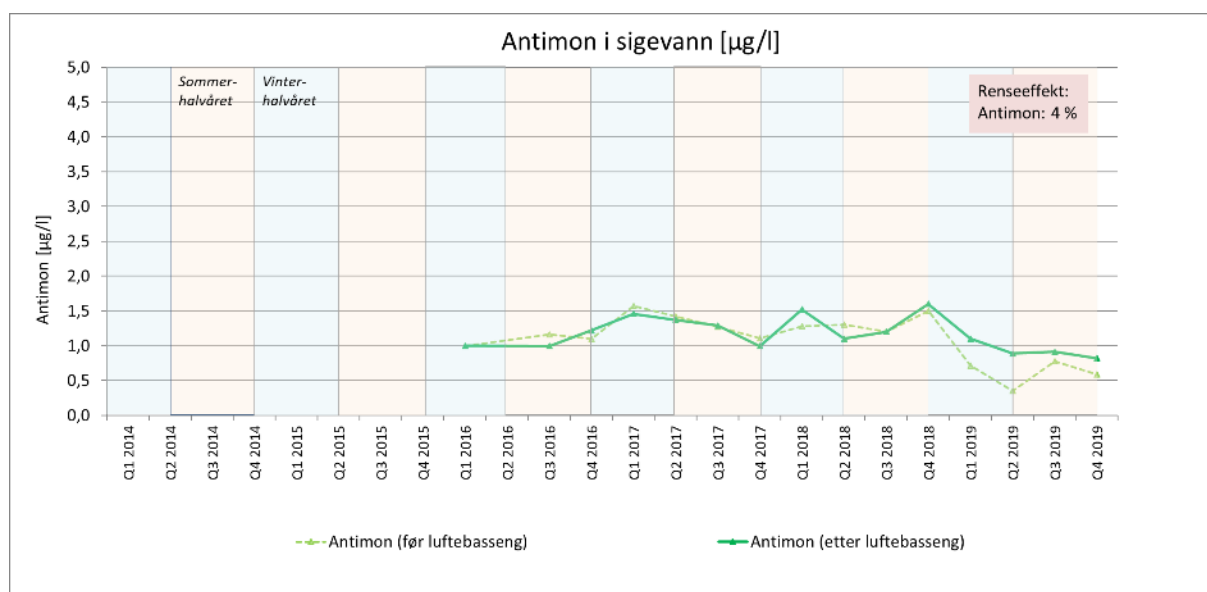


Figur 19: Målte konsentrasjoner av arsen (As) og nikkel (Ni) i sigevannet før og etter lufting.

f) Antimon

Antimon i sigevannet ble først analysert fra 2016. Konsentrasjonene ligger relativt stabilt rundt 1 µg/l (Figur 20). Det finnes ikke en betydelig sammenheng mellom årstidene og konsentrasjoner i sigevann, noe som kan ha sammenheng med at renseeffekten i luftebassenget uansett er relativt liten med 4%.

Det foreligger ikke noen offisielle PNEC-verdier, men ECHA (European Chemicals Agency) forslår å benytte 1.770 µg/l (ECHA, 2020). Dermed ligger antimon i sigevannet på Stormoen langt under denne verdien.



Figur 20: Målte konsentrasjoner av antimon (Sb) i sigevannet før og etter lufting

3.5.6 PFAS

PFAS-forbindelser er hydrokarbonkjeder hvor hydrogen er byttet ut med fluor. Dette gir ulike funksjonelle egenskaper som blant annet vann- og fettavvisende egenskaper. Samtidig er disse svært stabile og persistente, samt mobile i miljøet og spres derfor globalt. PFAS binder seg til proteiner og akkumuleres i næringskjeden. Langkjedete PFAS-forbindelser binder seg sterkere til partikulært materiale - som jord og sediment - enn kortkjedete PFAS.

Husholdningsavfall, forurensset jord og slam er de største kildene for PFAS-utslipp fra norske deponier.

PFAS har vært brukt siden 1950-tallet. OECD/UNEP Global PFAS Group har identifisert 4730 PFAS-relaterte CAS-nummer. PFAS-kjemikalier regnes som en alvorlig trussel mot helse og miljø og er derfor satt på den norske prioritetslisten. Stoffene på listen omfattes av et nasjonalt mål om at bruk og utslipp kontinuerlig skal reduseres- med intensjon om å stanse utslippene innen 2020 (Miljødirektoratet, Prioritetslisten | 2019).

Stormoen deponi har en egen spesialdesignet deponicelle for PFAS-holdig jord og avfall (Celle 2, trinn 3; «PFAS-celle») (Figur 2). Sigevannet fra denne cellen behandles i et eget renseanlegg før det slippes ut til det generelle sigevannet i luftebassenget. Det foreligger en egen rapport om PFAS i sigevannet fra PFAS-cellen (Statusrapport fra PFAS-cellen, desember 2019) som kan sees i Vedlegg V.

Figur 21 viser analyseresultatene for Σ PFAS i sigevannet fra celle 1 og 2 (alle deltrinn) før og etter luftebasseng. Kilden for PFAS i sigevannet fra celle 1 og 2 (trinn 1 og 2) er generelt mottak av ordinært avfall til deponi over tid.

Gjennomsnittet for Σ PFAS-konsentrasjonen i sigevannet fra celle 1 og 2 i perioden 2016-2019 ligger på 8164 ng/l før luftebasseng og 6433 ng/l etter luftebasseng.

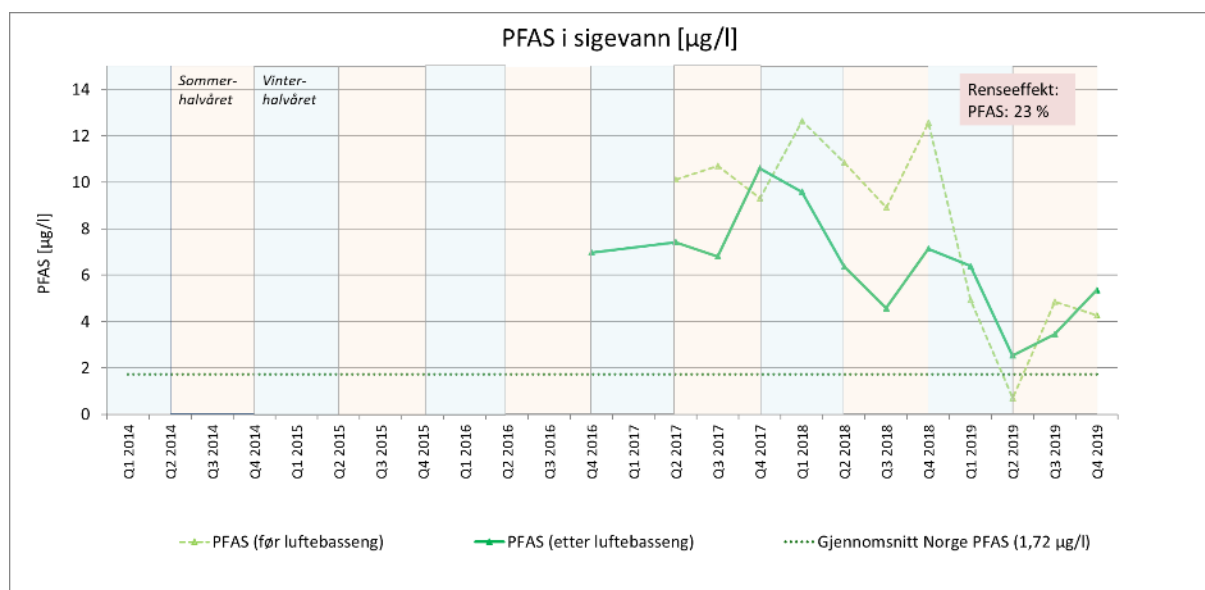
Til sammenligning: Σ PFAS-konsentrasjoner fra «PFAS-cellen» ligger etter rensing i eget renseanlegg på 14 ng/l før det slås sammen med sigevann fra celle 1 og 2. Dette utgjør 0,2% av den samlede PFAS-konsentrasjonen i «ubehandlet sigevann» (samlet sigevann før luftebasseng).

Dette er nok noe av årsaken til at man ser reduserte konsentrasjoner av PFAS i det samlede sigevannet, etter at PFAS-cellen ble satt i drift helt på slutten av 2018.

Σ PFAS-konsentrasjonen i sigevannet før luftebasseng er litt høyere enn etter luftebasseng, og den gjennomsnittlige renseeffekten ligger på 23 %. Siden PFAS er persistente forbindelser som ikke reagerer med andre forbindelser eller brytes ned, er en sannsynlig forklaring at noe PFAS blir bundet med slammet som produseres i luftebasseng slik at målte konsentrasjoner i vannfasen går ned. En mulig delforklaring kan også være at prøve før/etter luftebasseng tas på ulikt vis, noe som kan gi noen tilfeldige feil/variasjoner.

Per dags dato finnes det ikke noen grenseverdier for Σ PFAS i vann. Veileder 02:2018 angir en AA-QS-verdi på 9,1 μ g/l for PFAS-forbindelsene PFOA og 0,00065 μ g/l for PFOS.

Gjennomsnittskonsentrasjonene for begge stoffene lå i 2019 på 317 ng/l (PFOA) og 82 ng/l (PFOS). PFOA ligger dermed under AA-QS-verdien, mens PFOS er rundt 10-ganger over verdien.



Figur 21 Målte konsentrasjoner av PFAS i sigevannet før og etter lufting.

Det ser ut til at den generelle trenden for Σ PFAS-mengde i sigevann er minkende på grunn av restriksjoner som er innført over tid om bruk av PFAS i ulike produkter. Dette kan imidlertid ta lang tid på grunn av all PFAS som alt er i sirkulasjon i samfunnet, og fordi utfasing av bruken i nye produkter må antas å ta tid. Forurensede masser som inneholder PFAS vil også i tiden fremover deponeres i spesialcelle for PFAS med egen renseløsning. Dette antas å bidra til reduserte nivåer i sigevann fra deponier.

På miljøringens temamøte 6. mars 2019 ble utslippsmengden av PFAS fra 10 norske deponier presentert (Knutsen et al., 2019). På landsbasis fant studiet at snittet var på 1725 ng/l, median 631 ng/l og variasjonen av PFAS mellom 320-11000 ng/l. Dermed ligger stoffkonsentrasjonene for Stormoen deponi over gjennomsnittet, men innenfor variasjonene som er målt. Den totale utslippsmengden på Stormoen i 2019 var 73 g/år og landsgjennomsnittet ligger på 9-509 g/år (kap. 3.6.).

Tabell 6 viser at rundt 80% av PFAS-forbindelsene i sigevannet etter luftebasseng er kortkjedete PFAS (før luftebasseng ligger andelen ved 70%). Lufting av sigevann fører til nedbryting av langkjedete PFAS-forbindelser til kortkjedete forbindelser. I tillegg adsorberer langkjedete PFAS ofte sterkere til partikulært materiale som kan felles ut som slam (Campos Pereira et al., 2018).

Langkjedete PFAS som PFOS og PFOA anses som mer toksisk, persistent og bioakkumulativ enn kortkjedete PFAS og ble dermed mer og mer erstattet av kortkjedete PFAS i produkter. Det er fortsatt lite kunnskap om effektene til de kortkjedete PFAS-forbindelsen i miljøet (Brendel et al., 2018).

Tabell 6: Gjennomsnittlige konsentrasjoner av utvalgte PFAS-forbindelser i sigevannet fra deponicelle 1+2 i perioden 2015-2019 (før luftebasseng) og 2014-2019 (etter luftebasseng).

PFAS forbindelse	Gjennomsnittlige konsentrasjon [ng/l]	
	før luftebasseng	etter luftebasseng
Kortkjedete PFAS		
<i>Perfluoropentansyre (PFPeA)</i>	2808	2967
<i>Perfluorheksansyre (PFHxA)</i>	1829	2194
<i>Perfluorbutansyre (PFBA)</i>	553	490
<i>Perfluorbutansulfonat (PFBS)</i>	421	447
Langkjedete PFAS		
<i>Perfluorheptansyre (PFHpA)</i>	528	363
<i>Perfluoroktansyre (PFOA)</i>	532	329
<i>Perfluorheksansulfonat (PFHxS)</i>	451	298
<i>6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)</i>	435	286
<i>Perfluoroktylsulfonat (PFOS)</i>	387	246
<i>8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)</i>	46	46
<i>Perfluornonansyre (PFNA)</i>	24	21
<i>Perfluordekansyre (PFDeA)</i>	28	11

3.5.7 PAH₁₆ og BTEX

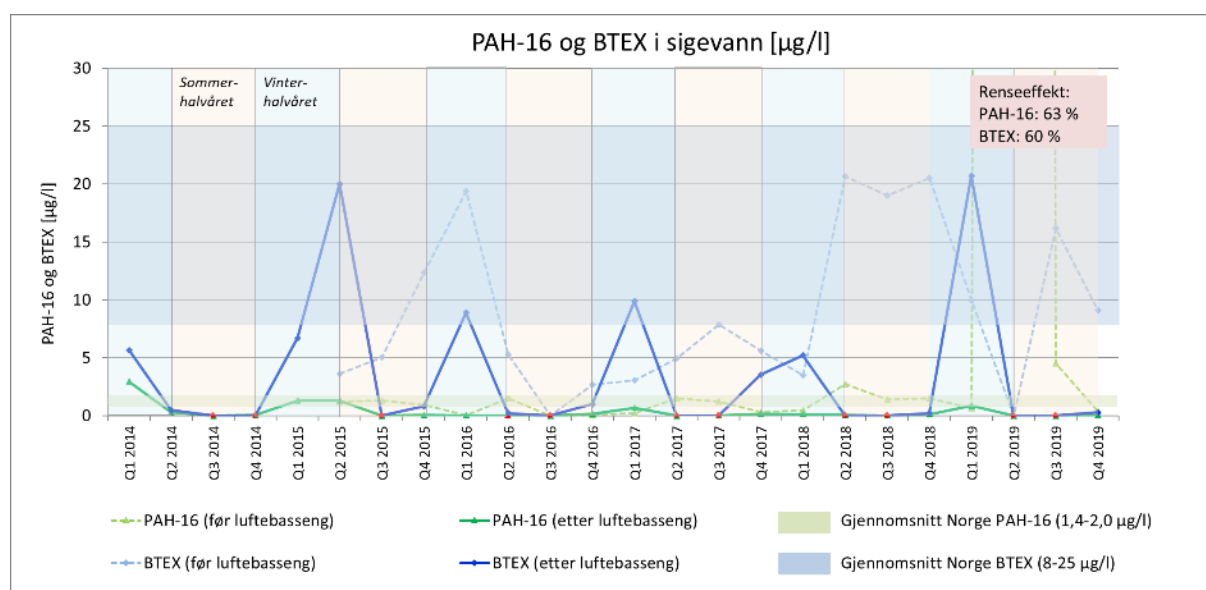
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) forekommer naturlig i råolje og er en viktig bestanddel i kreosot, tjære og asfalt. PAH dannes ved ufullstendig forbrenning eller oppvarming av organisk materiale. PAH er en kompleks blanding av organiske forbindelser som består av to eller flere aromatiske ringer. Normalt analyseres det på 16 ulike PAH-forbindelser og parameteren kalles derfor PAH₁₆.

BTEX er flyktige aromatiske forbindelser og består av summen av benzen, toluen, etylbenzen og xylen. Dette er lettflyktige forbindelser som i liten grad akkumuleres i sedimentene.

Trendlinjen i Figur 22 viser at for PAH₁₆ ligger konsentrasjonen i sigevannet etter luftebasseng stort sett rundt eller under deteksjonsgrensen. Konsentrasjoner i ubehandlet sigevann ligger litt høyere opp til rundt 3 µg/l, med unntak av en måling i Q2 2019 hvor den var 1200 µg/l pga. høy pyren-konsentrasjon. Renseeffekten viser at luftebasseng har en god renseseffekt for PAH₁₆ og ligger gjennomsnittlig ved 63%. Siden PAH₁₆ er tungt nedbrytbart, er sannsynligvis flokkulering og sedimentering de viktigste mekanismene for rensing i luftebasseng.

BTEX blir i stor grad omsatt biologisk, noe som vises godt i figuren. De laveste BTEX konsentrasjonene (rundt eller under deteksjonsgrensen) i behandlet sigevann er i sommerhalvåret da den biologiske aktiviteten i luftebasseng er størst. Konsentrasjonene er høyest i vinterhalvåret og ligger rundt 5-20 µg/l. Den gjennomsnittlige renseseffekten i perioden etter innføring av luftebassenget ligger på 60% for BTEX.

Sammenlignet med andre deponier i Norge ligger de gjennomsnittlige konsentrasjoner i sigevannet på Stormoen i perioden etter innføring av lufting, med PAH₁₆ på 0,3 µg/l og BTEX på 3,5 µg/l, litt under landsgjennomsnitt (Figur 22). Verdiene ligger også under PNEC-verdien (PNEC PAH₁₆: 2,4 µg/l; PNEC BTEX: 80 µg/l).



Figur 22: Målte konsentrasjoner av PAH₁₆ og BTEX i sigevannet før og etter lufting. Dersom verdiene lå under deteksjonsgrensen er disse benyttet som verdi i grafen, datapunktene er markert med rødt. I Q2 2019 lå PAH₁₆-verdien før lufting på 1200 µg/l (grunnet høy pyren-konsentrasjon).

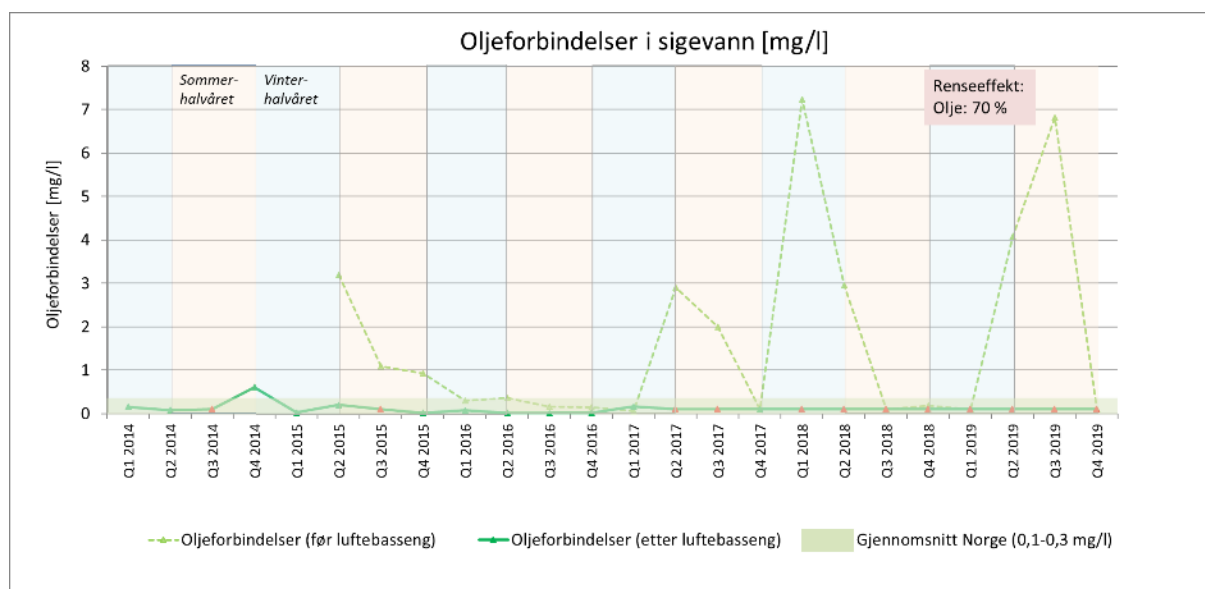
3.5.8 Oljeforbindelser

Oljeforbindelser består av det totale innholdet av hydrokarboner fra ulike oljer, diesel og bensin. Avhengig av opparbeidelse av prøvene, kan denne fraksjonen også inneholde organisk materiale fra naturlig nedbrytning (humusforbindelser) (NGI, 2012).

Oljekonsentrasjoner i sigevannsprøver etter luftebasseng ligger under deteksjonsgrensen ($< 0,1$ mg/l) store deler av tiden (Figur 23). Nivået i prøver før luftebasseng varierer. Høyeste konsentrasjoner påvist er i Q1-2018 og Q3 2019 på rundt 7 mg/l.

Luftebasseng har en gjennomsnittlig renseeffekt på 70 % for oljeforbindelser. I 2019 lå renseeffekten på 99 %.

På landsbasis er gjennomsnittlig innhold av olje i sigevannet rundt 0,1-0,3 mg/l. PNEC-verdi for olje i sigevannet er på 60 mg/l, dermed ligger sigevannet fra Stormoen deponi (0,1 mg/l) godt under grenseverdien.



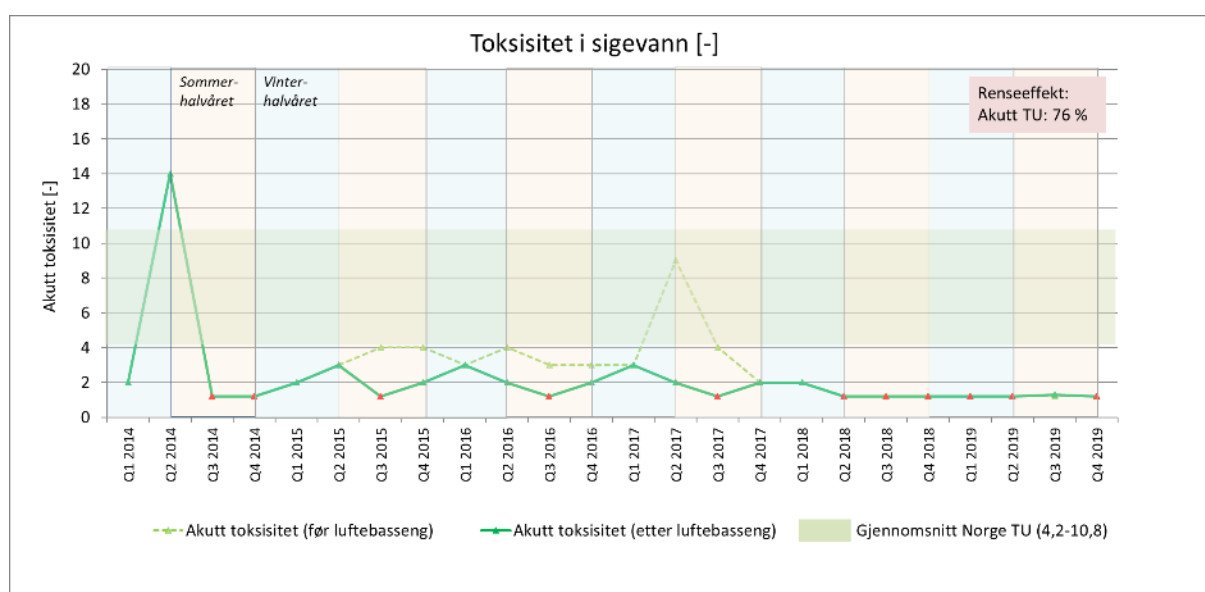
Figur 23: Målte konsentrasjoner av oljeforbindelser i sigevannet før og etter lufting. Dersom verdiene lå under deteksjonsgrensen er disse benyttet som verdi i grafen, datapunktene er markert med rødt.

3.5.1 Toksisitet

Screening-testen for **akutt toksisitet (TU)** er en bakteriell bioluminescens test som benytter bakterien *Vibrio fischeri*. Testen er lite sensitiv mot høye ammonium- og saltkonsentrasjoner, parameter som ofte er forhøyet i sigevann. Gjennomsnittlig TU-verdi i sigevannet på Stormoen lå rundt eller under deteksjonsgrensen (1,2) i 2019 (Figur 24).

TU-verdien har vært nedadgående de siste årene. Verdiene går litt opp på vinteren når biologisk aktivitet er lavere og lufterne ikke er i drift. Den gjennomsnittlige renseeffekten fra 2015-2019 ligger på 76%.

Sammenlignet med andre deponier i Norge, ligger TU på Stormoen med 2,2 under landessgjennomsnitt.



Figur 24: Akutt toksisitet (TU) i sigevannet før og etter luftebasseng. Dersom verdiene lå under deteksjonsgrensen er disse benyttet som verdi i grafen, datapunktene er markert med rødt.

3.5.2 Øvrige parameter fra 5-årig program

Begrensinger: Når det gjelder parametere fra det 5-årige programmet, så ble det i årene før sivevannet fra celle 1 og celle 2 ble samlet, gjort analyser både på sivevann fra celle 1 og sivevann fra celle 2. For å forenkle en vurdering av dataene, er det for disse årene laget et vektet snitt av analyseverdiene, der mengde sivevann registrert fra hhv. celle 1 og celle 2 det aktuelle året er lagt til grunn for vektingen av data. Når det gjelder analyseresultatene etter sivevann ble samlet, finnes det bare en måling i 2016 etter sivevannet ble samlet. Siden det er for tidlig å si om det finnes noen signifikante endringer skal resultatene og vurderingen i forhold til risiko først kommenteres når en får inn mer data i 2021.

Kommentarene for 2001-2016 fra overvåkningsrapporten fra 2018:

I vurderinger som er gjort, er det antatt at alle analyser som er under deteksjonsverdien, er lik 0.

*Når det gjelder **toksisitets**-parameterne, ser man at toksisitet for vannplanter ($TU_{72 \text{ timer}}$) for behandlet sivevann ligger stabilt i området 2-4 uten at noen spesiell trend kan tolkes. Toksisitet for krepsdyr ($TU_{48 \text{ timer}}$) ligger stabilt i området 4-12 uten at noen spesiell trend kan tolkes. Mutagenitets-testene har vært negative hele veien (noe som er bra). Etter at luftebassenget har blitt tatt i drift ser man at verdiene synker gjennom luftebassenget.*

*Når det gjelder **PBDE** (Polybromerte difenyletere), har nivået i sivevannet ligget rimelig stabilt over tid, med et gjennomsnitt på 0,0037 µg/l. For de to analysene som er gjort etter innføring av lufting, ser man en liten reduksjon gjennom luftetrinnet, men det er for tidlig å si om disse er signifikante.*

*For **HBOD** (Heksabromcyklododekan) og **TBBPA** (Tetrabrom bisfenol A), så har det aldri vært målt nivåer over deteksjonsgrensen i sivevannet på Stormoen.*

*Nivået av **bisfenol A** i sivevannet har ligget rimelig stabilt over tid, med en mulig reduksjon i nivået siste år med 5-årig program (2016). Gjennomsnittet over hele perioden ligger på 83 µg/l. For de to analysene som er gjort etter innføring av lufting, ser man en liten reduksjon gjennom luftetrinnet i den ene analysen, mens man i den andre analysen lå under deteksjonsgrensen både før og etter lufting.*

*Når det gjelder **alkylfenoler og -etoksilater**, så har nivået i sivevannet ligget rimelig stabilt over tid, med en mulig reduksjon i nivået siste år med 5-årig program (2016), samt at man i første måling fra 2008 ligger høyt (5,99 µg/l). Gjennomsnittet over hele perioden ligger på 0,48 µg/l, hvis man ser bort fra den høye målingen i 2008. For de to analysene som er gjort etter innføring av lufting, ser man en reduksjon gjennom luftetrinnet, men det er for tidlig å si om dette er signifikant.*

*For **fenoler** er det gjort mange flere analyser enn for andre parametere i det 5-årige programmet. I tidlige år hadde man en god del ganske høye målinger (i området fra flere hundre til over fire tusen µg/l), spesielt i sivevannet fra celle 2. De senere år har man imidlertid kommet ned på et lavere og mer stabilt nivå. Siden 2010 er høyeste måling på 82 µg/l, med et gjennomsnitt på 36,3 µg/l. For de to analysene som er gjort etter innføring av lufting, ser man en reduksjon gjennom luftetrinnet til 8,7 µg/l, men det er for tidlig å si om dette er signifikant.*

*Når det gjelder **klorfenoler**, er det bare registrert verdi over deteksjonsgrensen en eneste gang. Dette var i 2008 der man i sivevannet fra celle 2 målte 0,18 µg/l.*

*For **tinnorganiske forbindelser** har nivået i sivevannet ligget rimelig stabilt over tid, med en mulig reduksjon i nivået siste år med 5-årig program (2016). Gjennomsnittet over hele perioden ligger på*

0,036 µg/l. For de to analysene som er gjort etter innføring av lufting, ser man en reduksjon gjennom luftetrinnet, men det er for tidlig å si om dette er signifikant.

Nivået av **ftalater** i sigevannet har ligget rimelig stabilt over tid. Gjennomsnittet over hele perioden ligger på 1,18 µg/l. For de to analysene som er gjort etter innføring av lufting, ser man foreløpig ikke noen effekt.

For **klorbenzener** har nivået i sigevannet ligget rimelig stabilt over tid, med en mulig reduksjon i nivået siste år med 5-årig program (2016). Gjennomsnittet over hele perioden ligger på 0,017 µg/l. For de to analysene som er gjort etter innføring av lufting, kan man ikke si noe om effekten, da man ligger under deteksjonsgrensen både før og etter lufting.

Når det gjelder **flyktige klorerte hydrokarboner**, er det bare registrert verdi over deteksjonsgrensen en gang i 2008 der man i sigevannet fra celle 2 målte 1,69 µg/l.

For **LAS** (lineære alkybensulfonater) er resultatene litt springende. De fleste prøver er under deteksjonsgrensen, men der er også noen over. På sigevann fra celle 1 er det ikke registrert noe LAS. I sigevann fra celle 2 er det bare registrert LAS i 2010 (700 µg/l) og 2011 (530 µg/l). På samlet sigevann fra begge celler ble det registrert LAS i den første målingen fra 2016 (28,8 µg/l før lufting og 26,3 µg/l etter lufting).

Nivået av **fenoksysyrer** i sigevannet har ligget rimelig stabilt over tid, med en mulig reduksjon i nivået siste år med 5-årig program (2016). Gjennomsnittet over hele perioden ligger på 24,4 µg/l. For de to analysene som er gjort etter innføring av lufting, ser man en reduksjon gjennom luftetrinnet, men det er for tidlig å si om dette er signifikant.

3.6 SIGEVANNSUTSLIPP

Det er stort fokus på de konsentrasjoner man har av forurensningsparametere i sigevannet fra deponier. Det er imidlertid vel så viktig å se på den totale stoffmengden som slippes ut med sigevannet. Deponier med lave sigevannsmengder framviser vanligvis høyere stoffkonsentrasjoner i sigevannet enn deponier med store mengder sigevann. Dette har primært å gjøre med ulikheter i nedbørsforhold og inntrenging av fremmedvann.

Tabell 7 nedenfor viser beregnede utslippsmengder på Stormoen i 2018 og 2019 (se kapittel 3.3.3 for beregning av sigevannsutslipp), sammenlignet med gjennomsnittsverdier for deponier i Norge. I tillegg til at ulike deponier har ulike forhold mht. nedbør og fremmedvann, er det også stor variasjon i hvor store deponiene er både mht. årlig mottak av avfall, og akkumulert mengde avfall i deponiet. Slike forskjeller er ikke kompensert for i tabellen, slik at sammenligning med nasjonale erfaringstall gir derfor bare indikasjoner.

Resultatene viser at utslippsmengde av de ulike stoffene har vært litt større i 2019 enn i 2018, men også at de ligger under gjennomsnittsverdiene for Norge. En større nedbørsmengde i 2019 enn normalt, har altså gitt noe lavere konsentrasjoner generelt, mens utslippene i mengde generelt har vært litt høyere.

Tabell 7: Kvantitativ årlig mengde av stoffer i sigevann for i 2018 og 2019, sammenlignet med gjennomsnittsverdier for deponier i Norge og foreslåtte grenseverdier (NGI, 2012).

Parameter	Enhet	Sigevannsutslipp			
		2018	2019	Gjennomsnitt deponier Norge 2010-2016	Foreslåtte grenseverdier (NGI 2012)
Suspendert stoff	[kg/år]	66	385	2500-3700	
Klorid	[kg/år]	8907	15626	-	
Natrium	[kg/år]	7470	13054	-	
Bor	[kg/år]	51	84	-	
Tot. organisk karbon	[kg/år]	2969	5857	-	
Totalt nitrogen	[kg/år]	3256	4390	6150-7384	
Ammonium	[kg/år]	2554	3621	-	
Total fosfor	[kg/år]	9	19	32-47	
Jern	[kg/år]	12	18	500-1000	
Mangan	[kg/år]	5	12	-	
Sink	[g/år]	84	89	4400-8600	5000
Kobber	[g/år]	218	37	600-1000	5000
Bly	[g/år]	3	4	133-188	500
Kadmium	[g/år]	0,34	0,19	5-10	500
Nikkel	[g/år]	206	297	1000-1500	5000
Krom	[g/år]	605	787	700-1300	5000
Arsen	[g/år]	180	280	360-620	500
Kvikksølv	[g/år]	0,09	0,13	1-2	50
Antimon	[g/år]	10	17	-	
SUM PFAS	[g/år]	53	73	9-509 ¹	
SUM PAH	[g/år]	0,58	4	100-160	500
SUM BTEX	[g/år]	10	93	300-800	500
Oljeforbindelser	[kg/år]	n.d.	1,82	5-16	5

¹estimerte utslippsmengde for Norge (Knutsen et al., 2019)

3.7 SIGEVANSSSEDIMENT

Prøver av sigevannssediment tas årlig i overflaten av infiltrasjonsbassenget på Stormoen nedstrøms luftebassenget (infiltrasjonsbasseng 3). Sigevannet infiltreres her i løsmasser med nærmere 30 meters mektighet på umettet sone.

Siden sigevannssediment i infiltrasjonsbasseng kan anses som forurenset grunn ble det valgt å sammenligne analyseresultatene med tilstandsklasser for forurenset grunn i SFT-veilederen «Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn» (SFT TA-2553|2009). Veilederen er et verktøy i behandling og vurdering av helserisiko i saker med forurenset grunn. Tilstandsklasser er delt opp i fem klasser (Tabell 8):

Tabell 8 Tilstandsklasser for forurenset grunn etter SFT-veileder TA-2553|2009.

Tilstandsklasse	1	2	3	4	5
Beskrivelse av tilstand	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øvre grenses styres av	Normverdi	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Nivå som kan være farlig avfall

Tabell 9 viser oppsummering av resultatene av sigevannssediment etter celle 1 og 2 ble ført sammen i desember 2012. I 2019 fortsetter den generelle trenden for miljøgiftene i sigevannssediment å være nedadgående over tid, mens TOC-verdien har økt.

Oppsummeringstabell (Tabell 9) viser at konsentrasjonene av analyserte stoffer i sigevannssediment -med ett unntak- har hatt tilstandsklasse 1 (meget god) siden 2014. Utgravd sigevannssediment kan dermed deponeres som ordinært avfall.

Tabell 9: Analyseresultater for sigevannssedimenter fra 2013-2019; n.d. = ikke detektert; Resultatene er klassifisert iht. tilstandsklasser for forurenset grunn (SFT TA-2553|2009).

Parameter	Enhet	Prøvetakingsår						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Tørrstoff (TS)	% TS		72,9	82,8	79,4	72,9	78,3	80,3
Tot organisk karbon (TOC)	% TS		0,50	0,70	1,66	1,87	4,48	2,26
Jern (Fe)	mg/kg TS	294000	8740	14800	14900	11400	9100	8600
Mangan (Mn)	mg/kg TS	1090	388	238	381	378	400	230
Sink (Zn)	mg/kg TS	512	17,5	33	38,5	18,5	20	19
Kobber (Cu)	mg/kg TS	58,6	14,5	30,9	28,4	14,3	12	12
Bly (Pb)	mg/kg TS	10	3	5,8	5	3,8	3,5	3,2
Kadmium (Cd)	mg/kg TS	1,24	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,019	0,012
Nikkel (Ni)	mg/kg TS	70	7,4	14,1	12,5	8	9,3	8,2
Krom (Cr)	mg/kg TS	27,6	11,5	21,1	27,2	20,8	22	13
Arsen (As)	mg/kg TS	59,6	1,17	3,46	3,4	1,55	2,8	2,3
Kvikksølv (Hg)	mg/kg TS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,001	0,002
Antimon (Sb)	mg/kg TS						<0,90	<0,9
SUM PFAS	µg/kg TS						6,0	5,0
SUM PAH ₁₆	mg/kg TS	1,02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,038	n.d.
SUM PCB ₇	mg/kg TS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Oljeforbindelser ¹	mg/kg TS	488	24	n.d.,	120	40	46	29

¹Oljeforbindelser ble klassifisert etter tilstandsklassen til Alifater > C12-C35

4. Grunnvann

4.1 PRØVETAKING GRUNNVANN

Totalt er 8 grunnvannsbrønner¹ med i overvåkningsprogrammet av Stormoen deponi (Figur 25). Retning på grunnvannsstrøm er antatt å gå i nordøstlig retning mot Stormyra (Barlinghaug, 2006).

To av de åtte brønnene er referanser og plassert oppstrøms deponiområdet.

- **Brønn 14:** Referansebrønn oppstrøms
- **Brønn 18:** Referansebrønn oppstrøms

Referansebrønnene ligger i grusavsetninger, mens brønnene nedstrøms ligger i myr (eller i umiddelbar nærhet til myr). Det må derfor antas at referansebrønnene har andre bakgrunnsverdier enn det man ville finne som naturlige bakgrunnsverdier i myr.

De resterende 6 brønnene er plassert i nordøstlig retning fra dagens hovedaktiviteter slik at de skal kunne fange opp utlekking fra sigevann og mulig forurensning fra deponiet på best mulig måte. Følgende brønner er valgt for å være med i overvåkningsprogrammet med antatt hovedkilde til forurensning:

- **Brønn 20:** (erstatte brønn 3 som ligger få meter unna). Antatt kilde er celle 1 ved eventuell lekkasje og gammelt kommunalt deponi)
- **Brønn 4:** Vil kunne påvirkes av en eventuell lekkasje fra celle 1 og fra gammelt kommunalt deponi. Brønnen ble opprinnelig etablert primært for å overvåke utslipp fra infiltrasjonsbasseng 1. Dette har imidlertid ikke vært i drift siden 2012, og antas nå ikke lengre å gi noen påvirkning.
- **Brønn 9:** (ny brønn 9 er plassert rett ved den opprinnelige). Antatt kilde er eventuelle lekkasjer fra celle 2 og sigevann fra kompostanlegget
- **Brønn 21:** Antatt kilde er lekkasjer celle 2 og kompostanlegg
- **Brønn 22:** Antatt kilde er lekkasjer celle 2 og kompostanlegg
- **Brønn 23:** Antatt kilde lekkasjer celle 2 og kompostanlegg

I tillegg har vi at dagens infiltrasjon av rensert sigevann i infiltrasjonsbasseng 3, i teorien kan påvirke alle brønnene nedstrøms, da man ikke har tilstrekkelig detaljkunnskap om grunnvannsstrømmene til å være sikker på hvilke brønner som er mest og minst påvirket av infiltrasjonsbasseng 3.

Da vi ikke har noen grunn til å tro at der er lekkasjer fra hverken celle 1 eller celle 2, antas det at hovedkildene til de påvirkninger man ser er:

- Lekkasje fra deponicelle 0 som ikke har bunntetting
- Infiltrasjon av rensert sigevann i infiltrasjonsbasseng 3
- Sigevann fra kompostanlegget.

¹ For historikk rundt grunnvannsbrønnene i tidsrommet 2000-2014; se oppsummering i kapittel 3 «Resipientovervåkning» i rapporten «Overvåkningsprogram Stormoen deponi 2018» (Sea Eco, 2018).

Man kan heller ikke se helt bort i fra at man med den industrielle drift som man har på området, med bl.a. mange tunge kjøretøy, kan ha hatt søl/spill på området som ikke er avdekket, og som kan gi lokale påvirkninger av grunnvannsbrønner.

Det tas stikkprøver av grunnvann hvert kvartal (februar, mai, juli og oktober). Disse analyseres for parameter som er listet opp i Vedlegg I. Prøvetaking for koliforme bakterier utføres to ganger i året (juli og oktober).



Figur 25 : Satellittbilde fra Google maps (datert 27.8.2019) med plassering av grunnvannsbrønner som pr. dags dato blir prøvetatt. Se Vedlegg II for større utgave av kartet.

4.2 VURDERING AV GRUNNVANNSANALYSER

Ved vurdering av analyseresultatene er det tatt utgangspunkt i «Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann: Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver» (Vanndirektivet, 2018) og Vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020).

For å forhindre en negativ utvikling for kjemisk tilstand i grunnvannsforekomster, har Miljødirektoratet utarbeidet en nasjonal liste over prioriterte stoffer som skal benyttes ved kvalitativ tilstandsvurdering av grunnvannsforekomster (Tabell 7). Tabellen viser terskelverdier og vendepunktverdier ut fra felles miljøkvalitetsnormer og prioriterte stoffer.

Terskelverdien er bestemt fra hvilke konsentrasjoner av stoffer i grunnvannet som definerer grensen mellom god og dårlig kjemisk tilstand (miljømålet). Det er tatt utgangspunkt i drikkevannsforskriftens grenseverdier fordi grunnvannsforekomstene først og fremst utgjør en drikkevannsressurs i Norge. Drikkevannsforskriften gir strenge restriksjoner på hva som tillates av menneskeskapte påvirkninger på grunnvannsforekomstene.

Vendepunktverdien er en fastsatt verdi for konsentrasjon av stoffer i grunnvannet. Den er satt til 75% av terskelverdien. Om vendepunktverdien overskrides i en eller flere observasjonsbrønner i en

periode på 3 år, skal det gjennomføres en trendanalyse basert på historiske analysedata. Det skal vurderes om verdien vil stå i fare for å ikke oppnå miljømålet over tid. Ved igangsetting av tiltak bør overvåkingen fortsette slik at det foreligger dokumentasjon på at tiltakene har den ønskede effekt på forurensning i grunnvannsforekomsten.

Veisaltning og avrenning fra deponier kan føre til forhøyde konsentrasjoner av klorid og høyere konduktivitet. Arsen, kadmium, bly, kvikksølv og sulfat er stoffer kan være forårsaket av menneskeskapte forurensninger. Men det også viktig å vurdere om det kan være forhøyde bakgrunns-konsentrasjoner i grunnvannet som følge av mineralforvitring fra naturlig forekommende bergarter i området.

Tabell 10 omfatter ikke alle analyserte stoffer. Løsemidlene trikloreten og tetrakloreten er menneskeskapte stoffer uten naturlige kilder. Målt verdi av disse og andre menneskeskapte stoffer uten naturlige kilder, som f.eks. PFAS, bør være tilnærmet null, eller så lave at de er uten miljømessig betydning.

Foruten grenseverdiene i tabell 9, foreligger det et annet kriterium for god kjemisk tilstand i grunnvannet.

«Konsentrasjoner av stoffer skal ikke medføre at miljømålene ikke nås for tilknyttede overflatevann, eller innebærer annen vesentlig forringelse av slike vannforekomsters økologiske eller kjemiske kvalitet eller vesentlig skade på terrestriske systemer som er direkte avhengige av grunnvannsforekomsten»

Det andre kriteriet er ett godt grunnlag når en ser på ulike stoffers konsentrasjon i forhold til EQS beskrevet i kap. 3.3.1.

Tabell 10: Liste over prioriterte stoffer med tilhørende terskel og vendepunktverdier for grunnvann som angitt i vedlegg IX i vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020).

Stoffer/Parameter	Enhet	Terskelverdi	Vendepunktverdi
Nitrat	[mg/l]	50	37,5
Bekjempningsmidler	[µg/l]	0,1	0,075
Sum Bekjempningsmidler	[µg/l]	0,5	0,4
Klorid	[mg/l]	200	150
Sulfat	[mg/l]	100	75
Ammonium	[mg/l]	0,5	0,4
Arsen	[µg/l]	10	7,5
Kadmium	[µg/l]	5	3,75
Bly	[µg/l]	10	7,5
Kvikksølv	[µg/l]	0,5	0,4
Sum av Trikloreten og Tetrakloreten	[µg/l]	10	77,5

4.3 RESULTATER FRA 2019 OG SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE ÅR

Oppsummeringstabell 10 viser aritmetisk middel av samtlige prøvetatte brønner i periodene <2013, 2014 til 2018 og >2019. Tidsintervallene er valgt ut fra hvordan sigevannshåndteringen historisk har foregått på Stormoen (se kapittel 3.1.). I tabell 11 blir middelverdiene sammenlignet med vendepunktverdiene i tillegg til analyseresultatene fra referansebrønnene.

Forurensningsindeksen er et konsentrasjonsforhold beskrevet i sigevannskapitlet 3.3.1. Når forurensningsindeksen er over 10 kan det antas at sigevannet har en påvirkning på ytre miljø (SFT TA-1995|2003, 2003).

Når middelverdien av et stoff overstiger vendepunktverdien eller forurensningsindeksen skal det vurderes om grunnvannet står i fare og om tiltak bør vurderes.

Tabell 11: Resultatene av kjemiske analyser av prøvetatt grunnvann i brønner (aritmetisk middel). Tidsintervaller avspeiler den historiske gang i sigevannsrensning. Alle resultater fra prøvetatte brønner på ulike tidsintervaller er tatt i betraktning. Resultatene er sammenlignet med vendepunktverdier for grunnvann i vannforskriften og forurensningsindekser fra SFT TA-1995|2003. Rød skrift: resultater > vendepunktverdien og/eller $F_i > 10$.

Parameter	Enhet	Vendepunktverdi ¹	< 2014	2014-2018	2019	Referanseverdi ³	Forurensningsindeks F_i 2019 ⁴
pH	[-]	-	6,9	6,6	6,5	6,62	1,0
Konduktivitet	[mS/m]	-	370,5	250,9	211,9	13,43	15,8
Klorid (Cl)	[mg/l]	150 ¹	721,3	411,9	254,2	7,43	34,2
Ammonium (NH ₄ -N)	[mg/l]	0,4 ¹	114,5	28,7	25,0	2,02	12,4
Total Nitrogen	[mg/l]	-	134,0	51,8	42,7	2,52	17,0
Total Fosfor	[mg/l]	-	0,2	0,1	0,1	0,04	3,0
Total organisk karbon (TOC)	[mg/l]	-	108,7	82,1	109,5	9,93	11,0
Kjemisk oksygenforbruk (KOF _{CR})	[mg/l]	-	358,1	239,0	225,4	52,79	4,3
Biologisk oksygenforbruk (BOF ₅)	[mg/l]	-	24,6	30,4	12,9	6,16	2,1
Jern (Fe)	[mg/l]	-	36,6	7,2	8,3	5,68	1,5
Mangan (Mn)	[mg/l]	-	6,2	7,5	7,1	1,35	5,3
Sink (Zn)	[µg/l]	11 ²	17,5	18,4	3,6	4,71	0,8
Kobber (Cu)	[µg/l]	7,8 ²	31,5	28,6	15,2	1,54	9,9
Bly (Pb)	[µg/l]	7,5 ¹	7,4	3,5	0,1	0,2	0,7
Kadmium (Cd)	[µg/l]	3,75 ¹	0,8	0,1	0,0	0,02	2,5
Nikkel (Ni)	[µg/l]	4 ²	72,4	20,4	18,3	2,39	7,7
Krom (Cr)	[µg/l]	3,4 ²	31,3	5,4	3,4	0,68	5,0
Arsen (As)	[µg/l]	7,5 ¹	22,5	3,1	1,9	0,24	7,8
Kvikksølv (Hg)	[µg/l]	0,4 ¹	0,030	0,004	0,003	0,003	1
Antimon (Sb)	[µg/l]	-	0,0	0,295	0,26	0,06	4,3
Σ PFAS	[ng/l]	-	NA.		1283	<10	128

¹ Vendepunktverdier hentet fra Veileder 02:2018 | Klassifisering av miljøtilstand i vann (Vanndirektivet, 2018).

² AA-EQS: årlig gjennomsnitt EQS (environmental quality standard) etter veileder 02:2018 (Vanndirektivet, 2018)

³ Aritmetisk middel av analyseresultater av brønn 14 (2010-2019) og brønn 18 (2018-2019). For noen parameter kan referanseverdien ikke beregnes enten pga. manglete datamengde eller fordi disse parameter er ikke med i analyseprogram. PFAS har bare verdier for 2019.

⁴ Forurensningsindeks beregnet etter veileder SFT TA-1995|2003

I Tabell 11 kan en se at klorid og ammonium har hatt forhøyede verdier gjennom deponiets historie. Begge stoffene er over vendepunktetsverdien og er nær grensen/eller over forurensningsindeksen.

I Tabell 4 i sigevannskapittel 3.4 kan en se at blant annet stoffene klorid, nitrogen, ammonium, arsen og den fysiske parameteren konduktivitet er forhøyet. Disse stoffene kan ha påvirkning på grunnvannet

4.4 TRENDLINJER GRUNNVANN

I dette kapittel blir de enkelte stoffers historiske konsentrasjon i grunnvannet presentert i form av en graf. Ved å presentere den historiske utviklingen sammen med grenseverdiene er det enklere å få overblikk over den kjemiske tilstanden i grunnvannet rundt brønnen de siste årene.

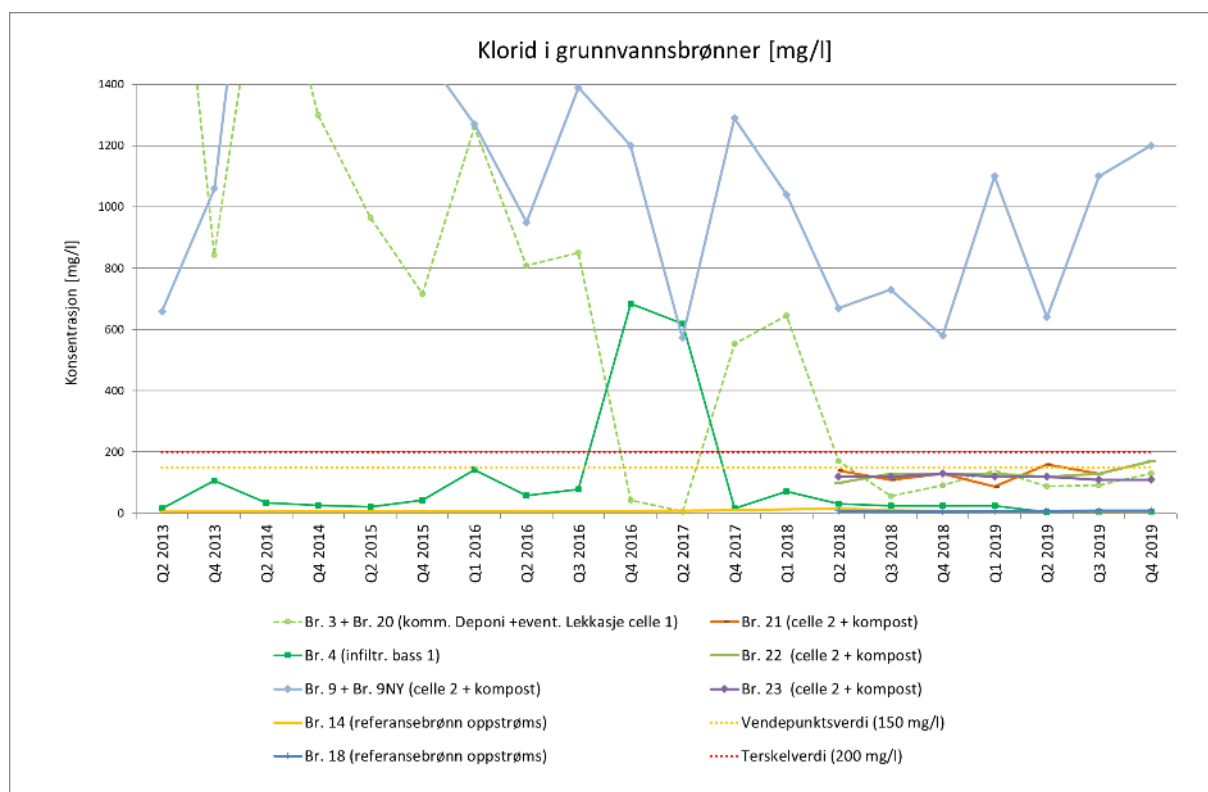
4.4.1 Sporstoffer

Tabell 11 viser at gjennomsnittet av analyseresultatene for sporstoffet klorid historisk sett har ligget over både terskel- og referanseverdi, samt at gjennomsnittet for 2019 er en faktor 34 høyere enn referanseverdien. Gjennomsnittsverdien har imidlertid en generell synkende trend. Figur 26 viser tydelig at det er analyseresultatene for brønnene 3/20, 9 og til dels 4 som overstiger terskelverdien for klorid. Brønn 3/20 har historisk ligget høyt med siste topp i første kvartal 2018 og har ellers en minkende trend til ca. vendepunktetsverdi. Brønn 4 toppet fjerde kvartal 2016 og ligger nå godt under vendepunktetsverdi. Brønn 9 har ligget og ligger fremdeles i sjiktet 600 -1200 mg/l, som er godt over terskelverdien for klorid i grunnvann.

Fra Tabell 4 i sigevannskapittel 3.4 fremgår det at konsentrasjonen av klorid har vært på 1174 mg/l i 2013 og sunket til 910 mg/l i 2019. Av tabellen fremkommer det også at sigevannskonsentrasjonen i 2019 antas å ha en påvirkning på det ytre miljø da forurensningsfaktoren er 122,47.

Stormoen deponi mottok vannbasert borekaks i årene 2005-2008 som ble tørket på celle 1. Tørket borekaks ble flyttet og benyttet til topptetting i fyllingsfronten på celle 2, trinn 1 i 2008. Det er ikke mottatt eller mobilisert saltholdig borekaks på Stormoen etter det. Brønn 3/20 og 4 viser sannsynligvis påvirkningen av klorid i grunnvannet på grunn av lagring av borekaks i celle 1. Påvirkningen må antas å ha kommet via infiltrasjonsbasseng 1. Det har vært en nedadgående trend etter at mottak opphørte.

Etter at borekakset ble brukt til tetting av fyllingsfronten på celle 2, trinn 1 i 2008, ses en økende trend for klorid i brønn 9. Dette må antas å ha sin årsak i at fyllingsfronten ble konstruert slik at vann som renner av den tette overflaten ledes ut av deponiet og infiltrerer grunnvannet nedstrøms deponiet. Perpetuum hadde en dialog med fylkesmannen i 2008 om fordeler og ulemper med å lede avrenningen ut av deponiet når borekaks ble brukt til topptetting, der konklusjonen ble at det gunstigste var å lede vannet ut av deponiet. Et argument var at salt uansett ikke renses i et renseanlegg.



Figur 26: Graf som viser konsentrasjonen av klorid i grunnvannet. Brønnene 3 og 9 er ut av skala med en generell synkende konsentrasjon fra henholdsvis 2520 og 660 mg/l i Q2 2013. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) er vendepunktverdi på 150 mg/l og terskelverdi på 200 mg/l.

4.4.2 Næringsstoffer

I grunnvannsbrønnene blir næringsstoffene **ammonium (NH_4^+)**, **nitrogen (Tot-N)** og **fosfor (Tot-P)** analysert. Resultatene er illustrert i Figur 27, Figur 28 og Figur 29.

Utvikling av fosfor viser en synkende trend for samtlige brønner. Siden 4Q 2018 har konsentrasjonen ligget under 0,10 mg/l for samtlige brønner med unntak av brønn 21 som har hatt en enkel topp i Q1 2019 på 0,53 mg/l for deretter å falle kraftig til 0,17 mg/l. Forurensningsindeks for fosfor i sigevannet var på 27,25, men for grunnvannet var den så lav som 3,0. Fosfor vurderes derfor ikke som problematisk i grunnvann og resipienter.

Siden 2013 har konsentrasjonen av totalt nitrogen og ammonium sunket i brønnene med de høyeste konsentrasjonene. Brønn 4 hadde en topp i 2016-2017 og er den eneste brønnen under vendepunktverdien i 2019. Referansebrønn 14 ligger i randsonen av et landbruksområde og har derfor generelt høyere konsentrasjon av næringsstoffer enn brønn 18 som ligger i relativt upåvirkede grusavsetninger.

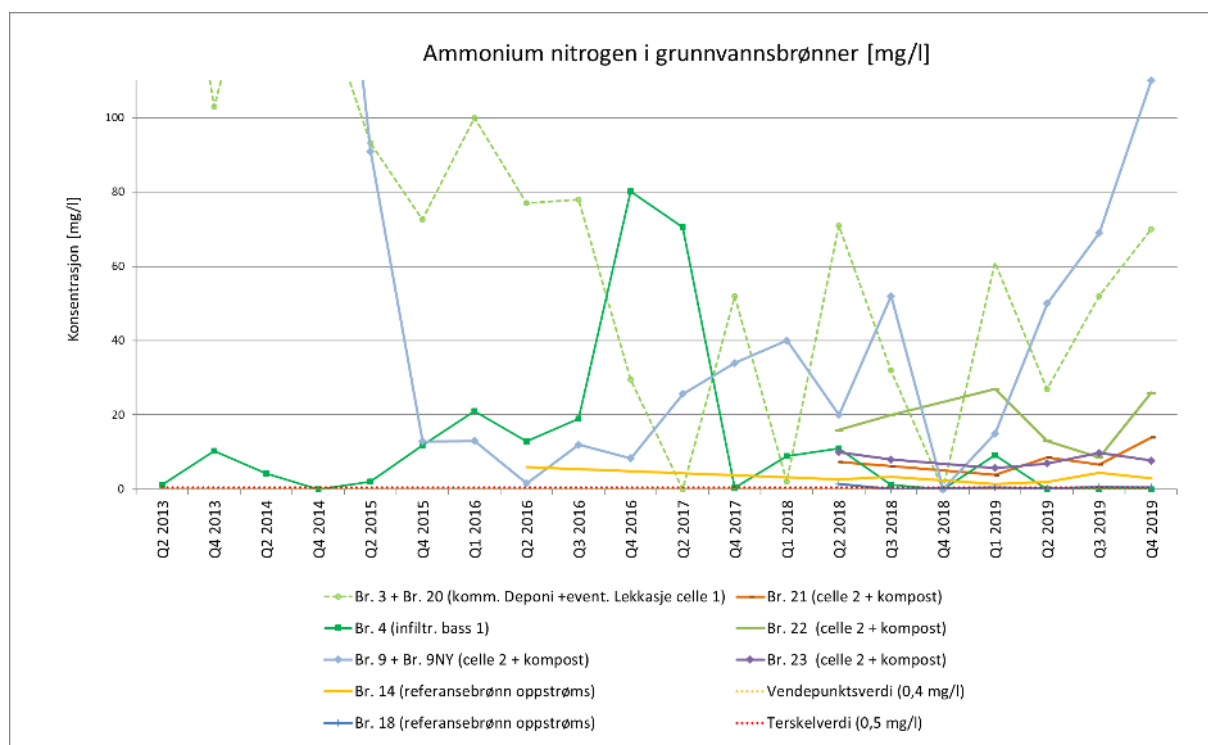
Fra Tabell 11 og Figur 27 fremgår det at konsentrasjonen av ammonium stort sett er høyere enn terskelverdien for grunnvann ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) i grunnvannsbrønnene 4, 3/20, 21, 22, 23 og 9. Det foreligger ingen terskelverdier for nitrogen, men siden ammonium utgjør størstedelen av totalt nitrogen og ammonium er godt over terskelverdien vurderes stoffene som forhøyet.

Næringsstoffene ammonium og totalt nitrogen har en forurensningsindeks på henholdsvis 12,4 og 17,0. Det er mulig at forurensningsindeksene kan være overestimert hvis man hadde reelle bakgrunnsverdier for myr siden myr inneholder naturligvis mer næringsstoffer enn en grusavsetning hvor referansebrønnene ligger (ref. kap. 4.1.).

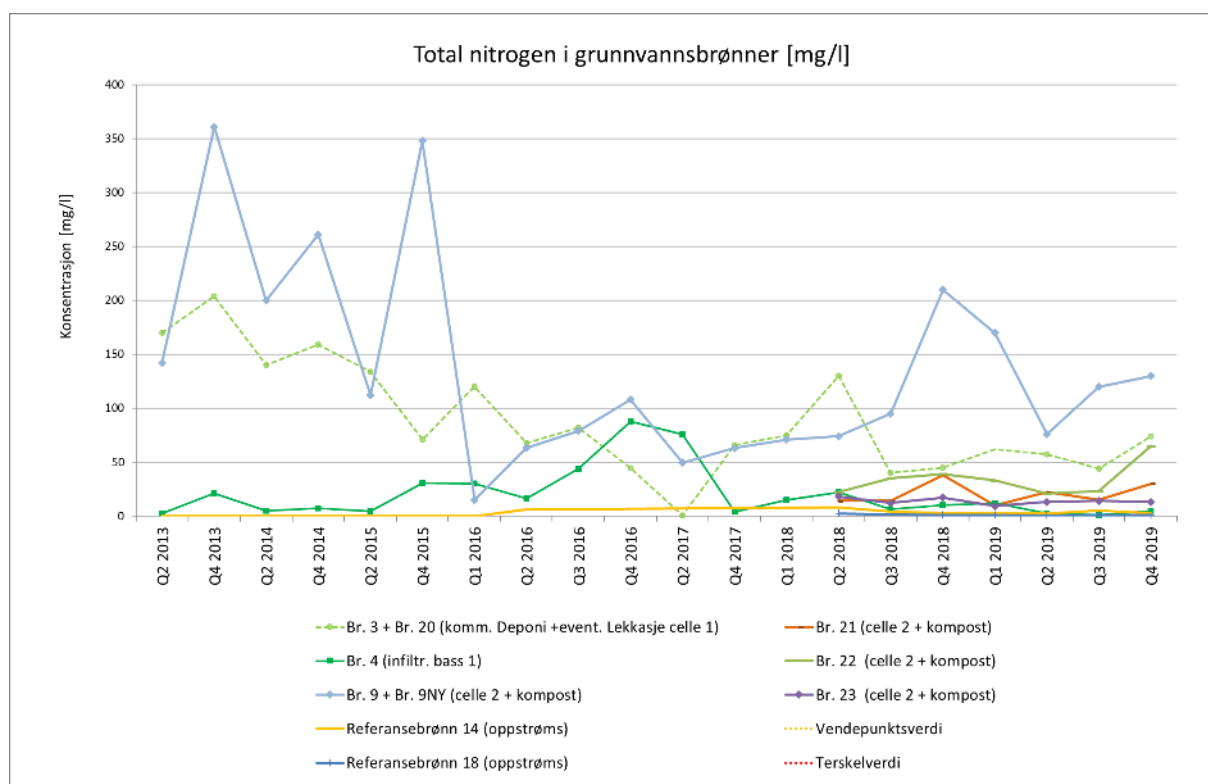
Når det gjelder næringsstoffene totalt nitrogen og ammonium, så er bidraget fra kompostering av organisk materiale større enn for annet avfall.

Binding av ammonium og totalt nitrogen i bakken er avhengig av oksygen, organisk materiale samt planter eller sopp. En opphopning av ammonium øker faren for nitrogenbetinget eutrofiering (beskrevet i kap. 3.5.4) i tilknyttede resipienter, som i dette tilfellet er Stormyra, Tømmervasselve og Kjoselva. Fosfor er begrensende næringsstoffet for eutrofiering i ferskvann. Hvis fosfor mangler, får man derfor ikke noen eutrofiering selv om det er nitrogen tilgjengelig.

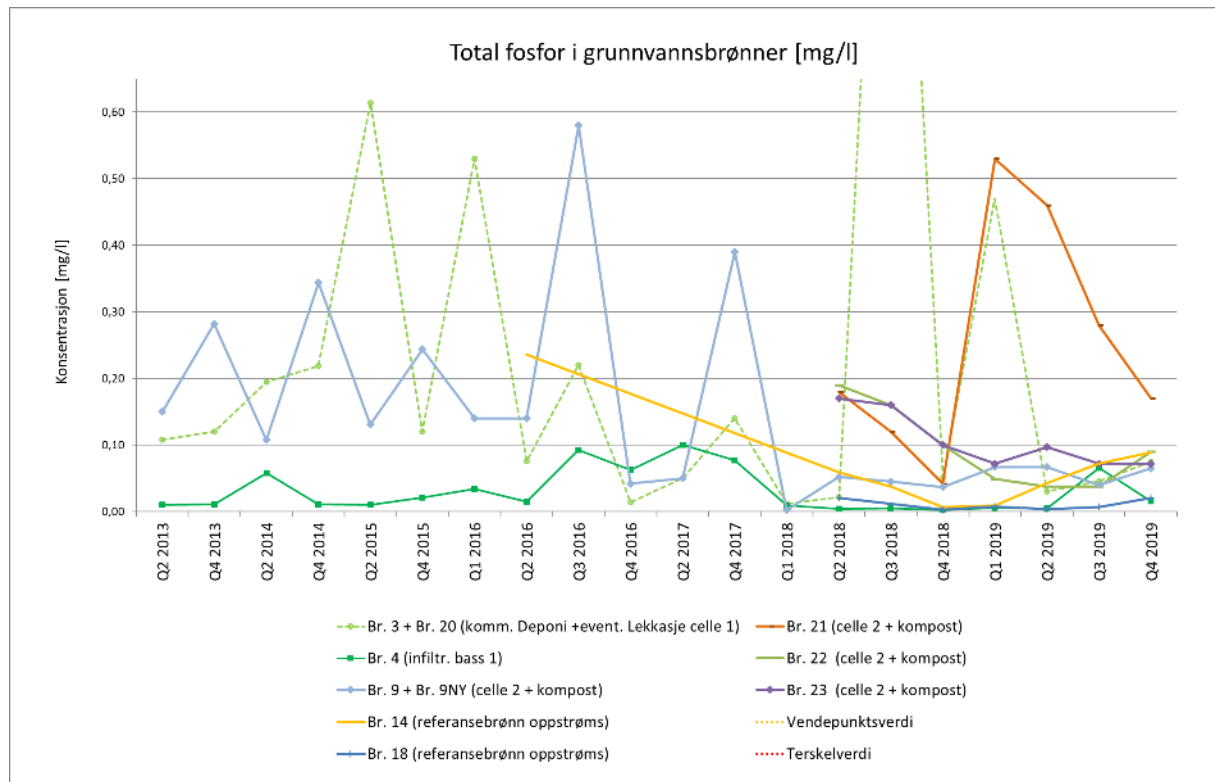
De forhøyede verdier av nitrogen vil derfor sannsynligvis ikke gi negative konsekvenser med hensyn til eutrofiering av vassdragene, så lenge fosfor er begrensende. Det er i vann-nett.no ikke registrert at eutrofiering er et problem i elvene (ref. vedlegg VII). Utslipp av nitrogen kan imidlertid ha forsurende egenskaper for ferskvann. Effekten av utslippet er sterkt avhengig av den naturlige kjemiske sammensetningen av mineraler (hardheten) i vannet. Desto hardere vann, desto mindre sannsynlig er det at utslippet vil ha noen negativ effekt. Dette forholdet er ikke undersøkt.



Figur 27: Graf som viser konsentrasjonen av ammonium i grunnvannet. Brønn 9 og 3/20 er ut av skala med en konsentrasjon på henholdsvis 250 mg/l i Q4 2013 og 186 mg/l i Q2 2013. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) er vendepunktverdi 0,4 og terskelverdi 0,5 mg/l for ammonium i grunnvannet.



Figur 28: Graf som viser konsentrasjonen av totalt nitrogen i grunnvannet. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunkt- og terskelverdi for totalt nitrogen.



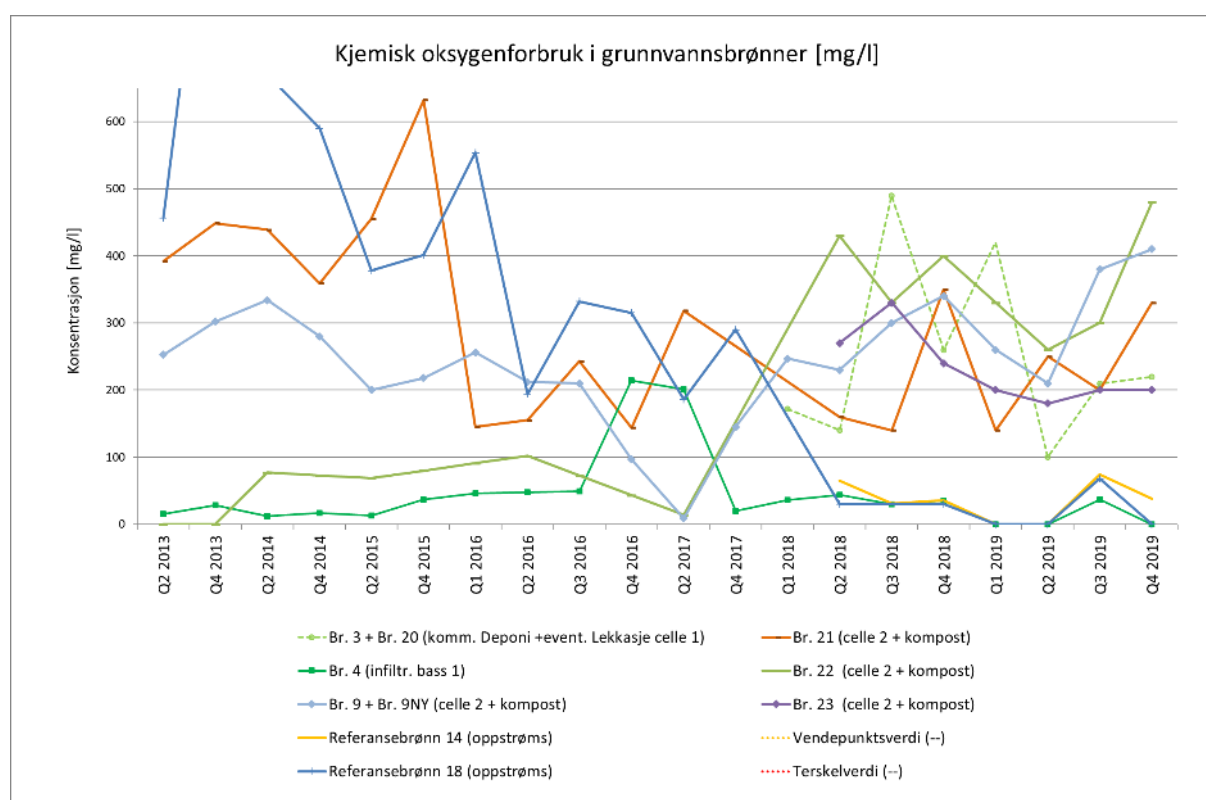
Figur 29: Graf som viser konsentrasjonen av totalt fosfor i grunnvannet. Brønn 3 er ut av skala i Q3 2016 med en målt konsentrasjon på 1,5 mg/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunkts- og terskelverdi for totalt fosfor.

4.4.3 Organisk stoff

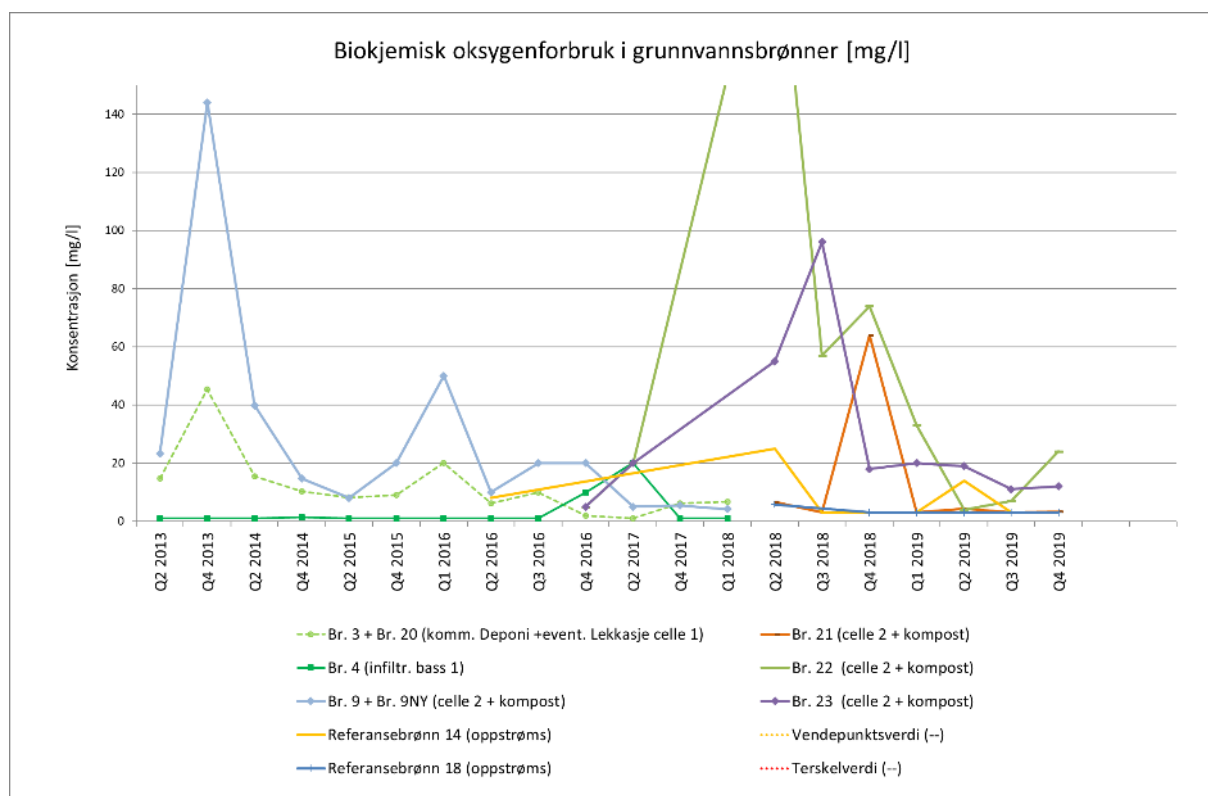
Med hensyn på organisk stoff overvåkes tre parametere, **KOF, BOF₅ og TOC** (for beskrivelse av parameterne se kap. 3.5.2) som er vist i Figur 30, Figur 31 og Figur 32. Det er en tydelig reduksjon i organiske stoffer i årene 2013-2016 som skyldes innføringen av luftebasseng for sigevannet i 2014, samt nytt infiltrasjonsanlegg i 2013 med betydelig større mektighet på umettet sone.

Samtlige parametere ligger lavere i grunnvannet enn for sigevannet. Dette kan delvis skyldes biologisk nedbrytning når sigevannet infiltreres ned gjennom den umettede sonen samt fortynning i grunnvannsstrømmen.

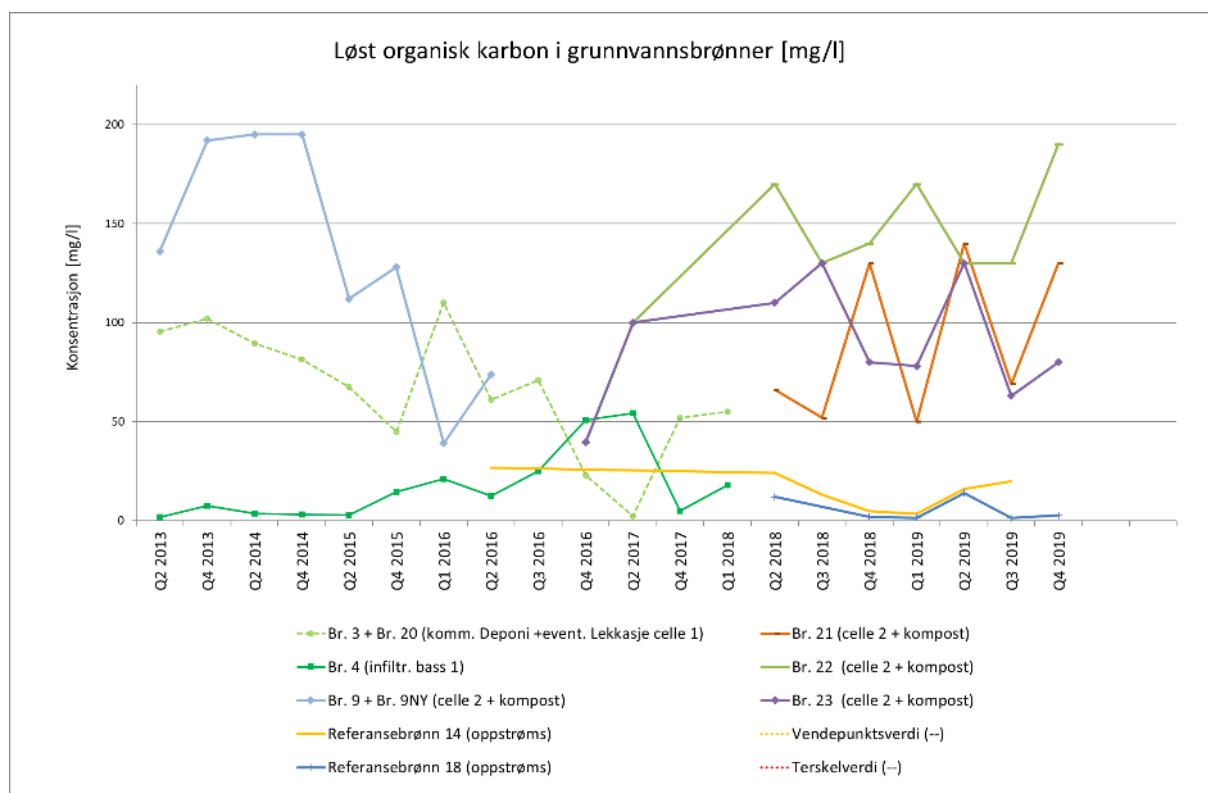
Av Figur 30 kan en se at KOF har en synkende trend til å begynne med, som deretter fluktuerer sesongmessig, antagelig pga. lavere omsetning på vinteren.



Figur 30: Graf som viser kjemisk oksygenforbruk i grunnvannet. Brønn 18 er ut av skala i fjerde kvartal 2013 med et kjemisk oksygenforbruk i grunnvannet på 1066 mg/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunkt- og terskelverdi for kjemisk oksygenforbruk.



Figur 31: Graf som viser biokjemisk oksygenforbruk i grunnvannet. Brønn 22 er ut av skala i andre kvartal 2018 med et biokjemisk oksygenforbruk i grunnvannet på 220 mg/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunks- og terskelverdi for biokjemisk oksygenforbruk.



Figur 32: Graf som viser løst organisk karbon DOC i grunnvannet. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunks- og terskelverdi for løst organisk karbon.

4.4.4 Tungmetaller

Trendkurvene viser at konsentrasjonen av metaller har sunket. For noen av metallene kan det likevel se ut som om nivåene de siste årene har holdt seg stabil og økt noe i enkelte brønner.

En mulig forklaring på reduksjonen er at innføring av luftebasseng for sigevannet og økt mektighet på umettet sone for infiltrering har hatt positiv effekt også for metaller. Renseeffekten i luftebassenger varierer imidlertid en del for ulike metaller (ref. kap. 3.5.5).

Erfaringsmessig kan metallanalyser ha sterkt forhøyede verdier på grunn av tilfeldige «metall-korn». Enkelttilfeller med høye målinger, når de ikke er en del av en trend, tillegges derfor ikke stor betydning.

Brønn 3/20 og 9 skiller seg ut den første tiden med de høyeste verdiene. Dette spesielt de første årene, for deretter å være avtagende. Brønn 3/20 har trolig registrert påvirkningen fra infiltrasjonsbasseng 1 og forbedringen etter denne ble faset ut i 2012.

En generell trend med synkende konsentrasjoner av metaller kan også skyldes en reduksjon over tid i utlekking fra det gamle kommunale deponiet som ikke har bunntetting, endring i sammensetning på deponert avfall og at man i perioden med høyere metallverdier hadde større volumer av deponiet som var i såkalt «sur fase».

En annen trend er at brønn 9 ofte har høye verdier på metall. Brønn 9 ligger like nedenfor deponicelle 2, men det er ikke mistanke om lekkasje fra deponicellen. Mulige påvirkninger kan blant annet være ettermodning av kompost som utføres nedenfor deponicelle 2. I tillegg har brønn 9 i flere år hatt lite tilsig av vann og kanskje ikke vært representativ for grunnvannet på grunn av lav fyllingsgrad. Brønnen ble i 2018 boret opp på nytt for å sikre representativ dybde.

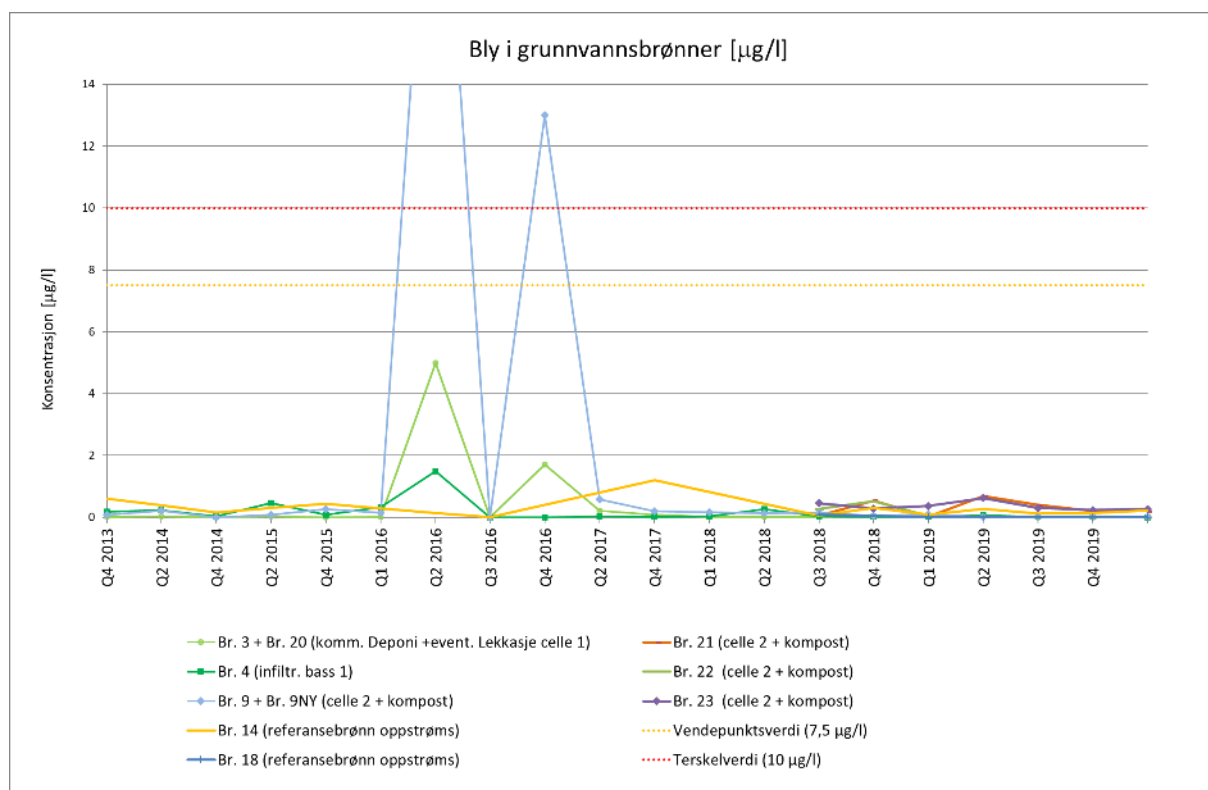
Miljødirektoratets liste over prioriterte miljøgifter inkluderer de 5 metallene **bly, kadmium, krom, arsen og kvikksølv**. Grafene (Figur 33-Figur 37) viser utviklingen over tid for disse i grunnvannsbrønnene på Stormoen.

Bly i grunnvannet har en vendepunktverdi på 7,5 µg/l og en terskelverdi på 10 µg/l. Samtlige brønner, med unntak av 2 punkter for brønn 9, ligger under grenseverdiene (Figur 33). Det har ikke vært sett noen høye verdier av bly etter 2017 og disse punkter vurderes derfor ikke som kritiske.

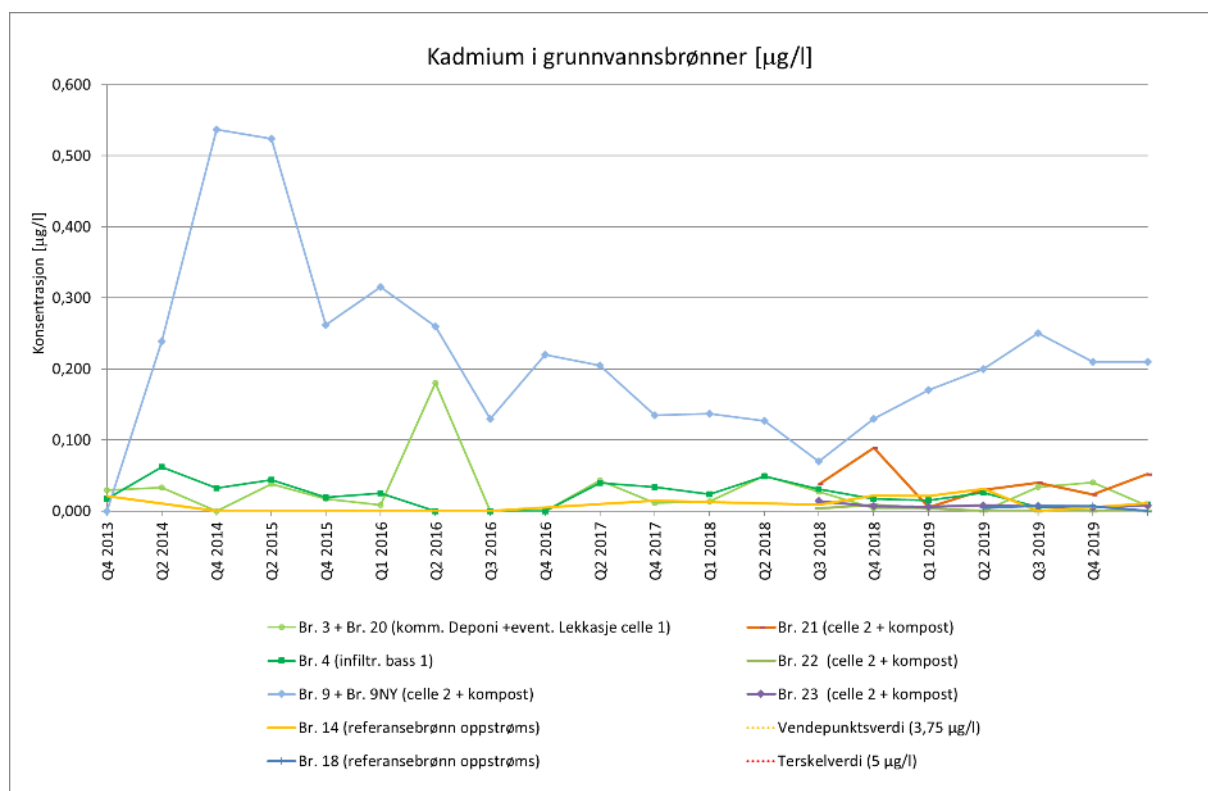
Konsentrasjonen av **kadmium** ligger langt under både vendepunkts og terskelverdien for samtlige grunnvannsbrønner (Figur 34). Generelt følger samtlige brønner, med unntakelse av brønn 9, samme trend med konstant lavt nivå av kadmium. Konsentrasjonen av kadmium i brønn 9 har falt betydelig siden 2014, men hatt en liten øking etter boringen av ny brønn 9 i 2018.

Konsentrasjonen av **krom** har ligget stabilt og lavt for de fleste grunnvannsbrønner, men grunnvannet har vært påvirket av krom i brønnene 9 og 3 (og til dels brønn4) (Figur 35).

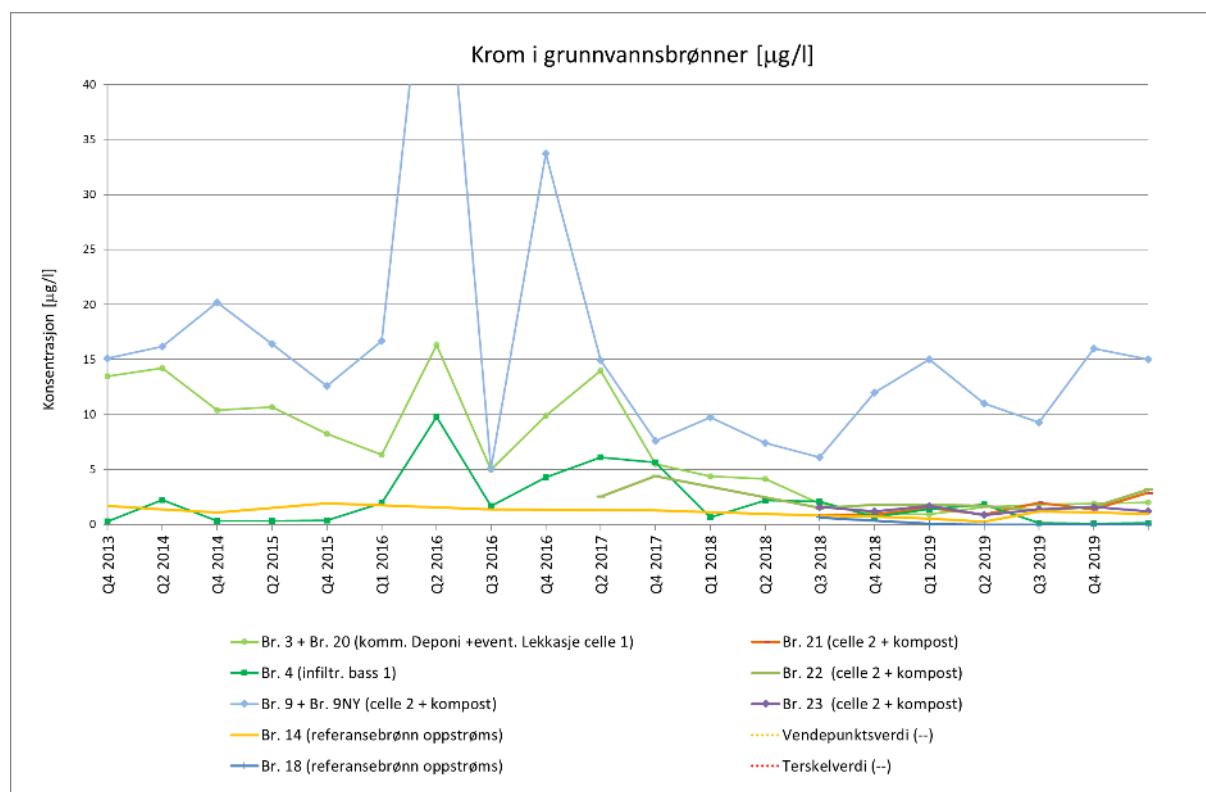
Konsentrasjonen i brønn 3/20 samt 4 har minket til akseptable nivåer (under EQS verdien 3,4 µg/l). Konsentrasjonen av krom i sigevannet fra Stormoen deponi ligger høyere enn landsgjennomsnittet og er 10 ganger høyere enn EQS verdien (ref. kap. 3.5.5). Fra Tabell 11 kan en se at forurensningsindekset for krom er under 10. Individuelt vil brønn 9 ligge over.



Figur 33: Graf som viser konsentrasjonen av bly i grunnvannet. Prøve Q 2016 i brønn 9 er ut av skala med en målt konsentrasjon på 25,4mg/l. Konsentrasjonen i prøve tatt i Q2 2017 brønn 10 er på 38 g/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) er vendepunktverdi på 7,5 og terskelverdi på 10 mg/l for bly i grunnvannet.



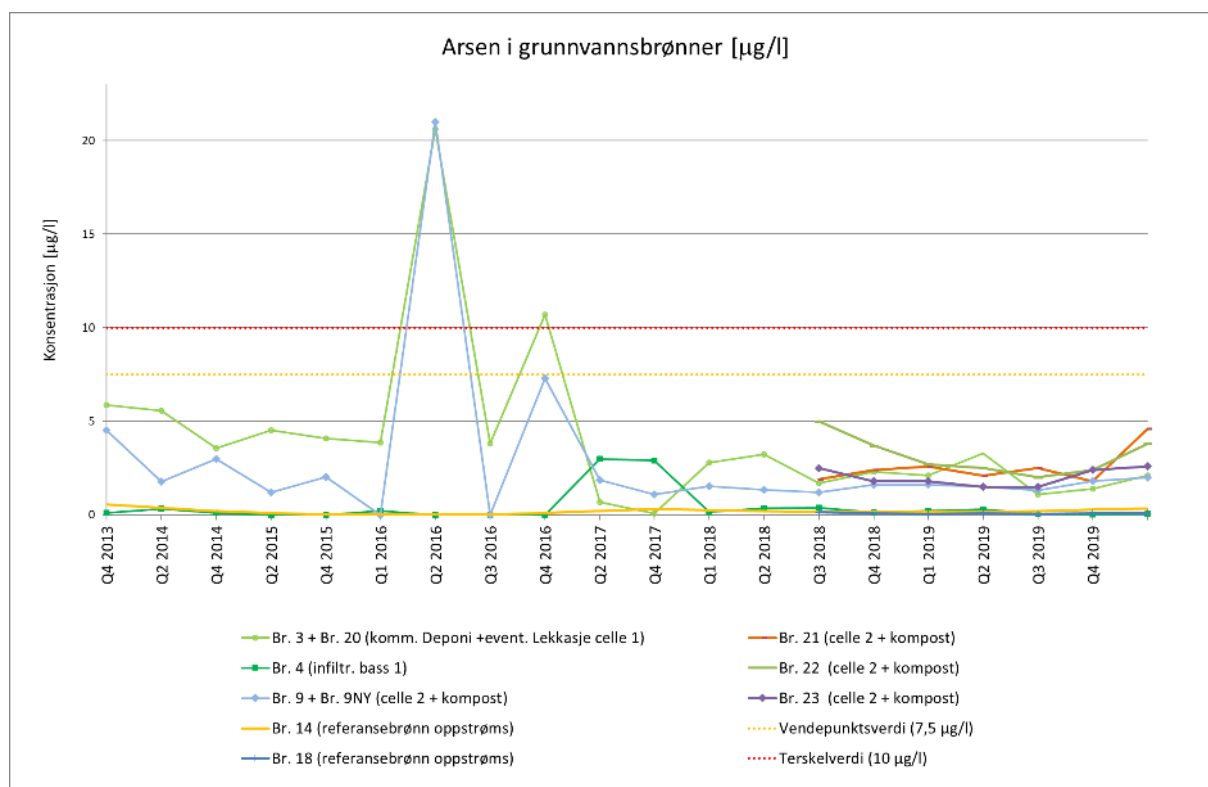
Figur 34: Graf som viser konsentrasjonen av kadmium i grunnvannet. Vendepunkt- og terskelverdi ligger utenfor skala.



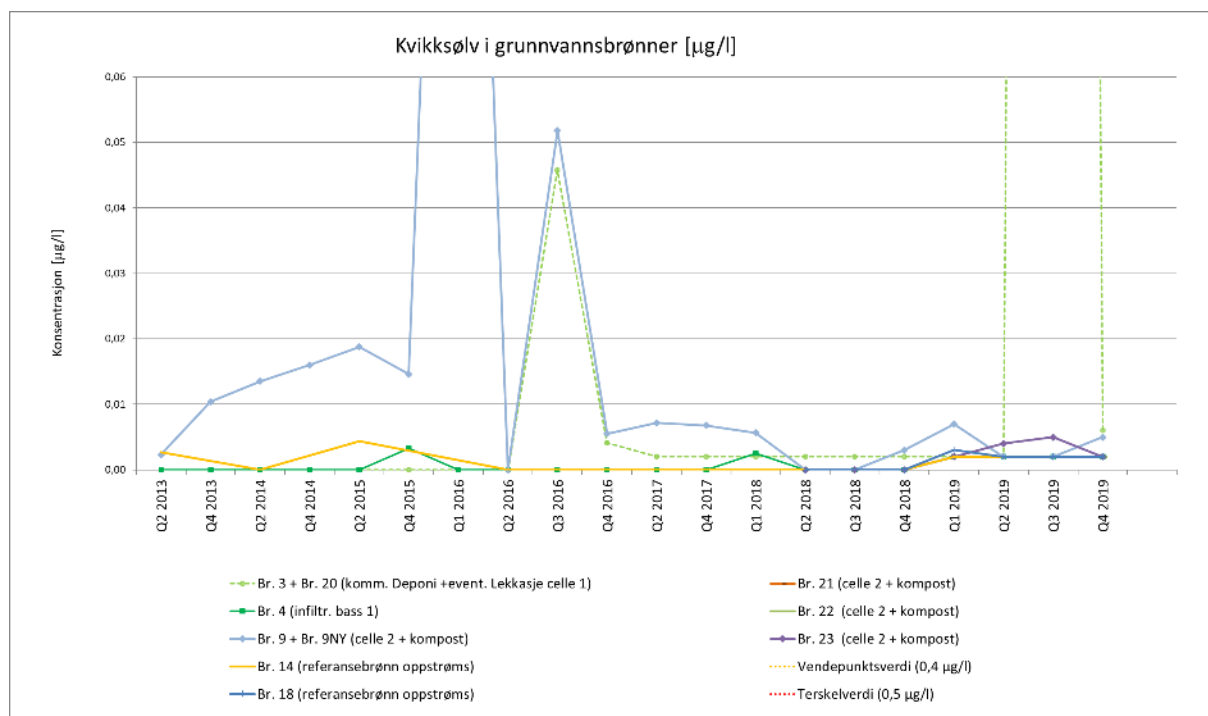
Figur 35: Graf som viser konsentrasjonen av krom i grunnvannet. Q2 2016 er ut av skala med en målt konsentrasjon på 5,1 µg/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunkt- og terskelverdi for krom.

Arsen har vært godt under vendepunktverdien siden 2013, med unntak av to enkeltstående høye verdier i 2016 (Figur 36). De siste årene har konsentrasjonen av arsen ligget jevnt i samtlige brønner.

Konsentrasjonen av **kvikksølv** (Figur 37) ligger godt under vendepunktverdien for grunnvann i samtlige brønner med ett unntak. Kvikksølv konsentrasjonen ble målt til 1,08 µg/l ved siste målingen i brønn 20 i tredje kvartal i 2019. Det er vanskelig å si om dette er en engangshendelse som eventuelt skyldes noen partikler med bundet Hg eller om verdiene faktisk betyr at det er større utlekking. Data fra 2020/2021 vil gi grunnlag til å kunne gjøre en slik vurdering.



Figur 36: Graf som viser konsentrasjonen av arsen i grunnvannet. Q3 2016 er ut av skala med en målt konsentrasjon på 62,7 µg/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) er vendepunktverdien på 7,5 µg/l og terskelverdien 10 µg/l for arsen i grunnvannet.



Figur 37: Graf som viser konsentrasjonen av kvikksølv i grunnvannet. Prøve Q3 2019 i brønn 3 er ut av skala med en målt konsentrasjon på 1,08 µg/l. Prøve Q1 2016 i brønn 9 med 0,201 µg/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) er vendepunktverdien og terskelverdien henholdsvis 0,4 og 0,5 µg/l for kvikksølv (utenfor skala i grafen).

For metallene **jern og mangan** i grunnvannet er forurensningsindeksen godt under 10 og det finnes ingen grenseverdier (ref. Tabell 11). Konsentrasjonen av jern har vært relativt stabil i grunnvannet (Figur 38).

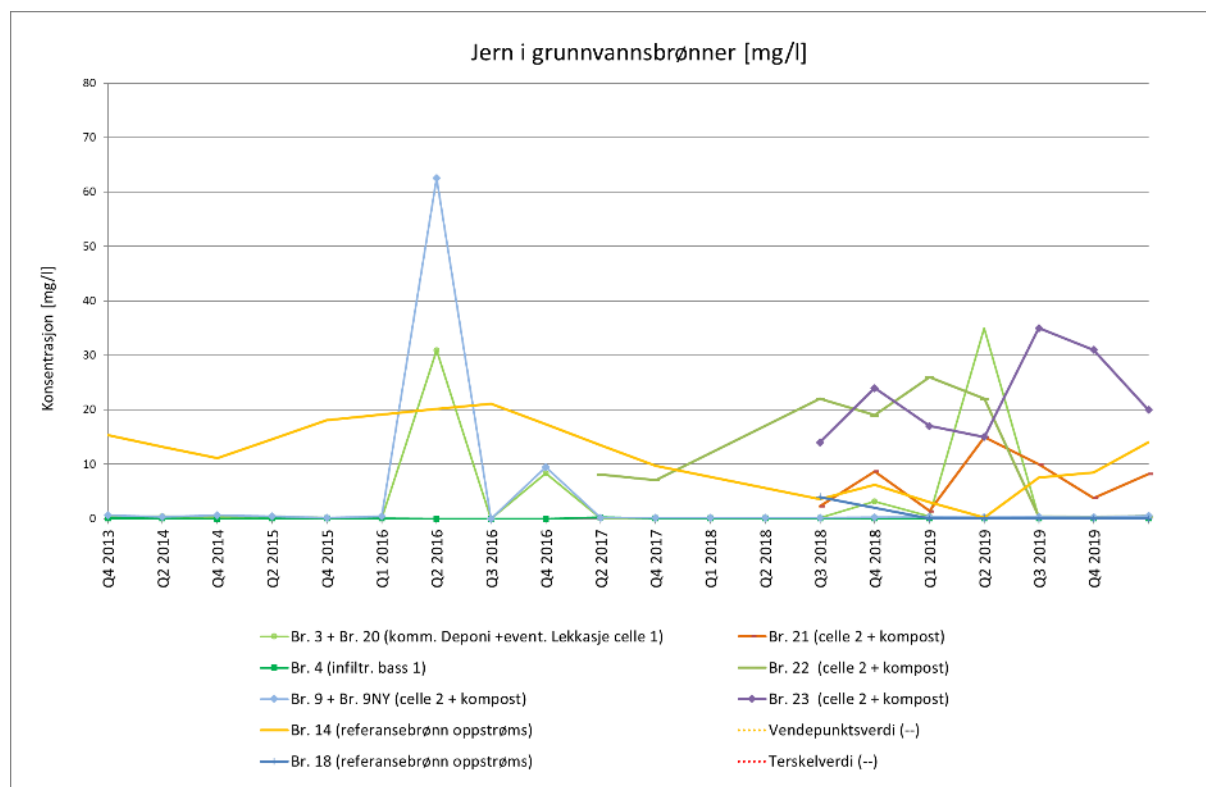
De siste årene har konsentrasjonen av **mangan** steget i brønn 3/20 samt 22 (Figur 39). Mangan er ikke et prioritert metall og det finnes ikke referanseverdier for grunnvann eller ferskvann. I fremtiden kan det være en fordel å følge med brønn 22 for å se om den fremdeles øker og få kartlagt hva dette skyldes. Forurensningsindeksen for mangan i brønn 22 ligger rundt 14. Løseligheten av mangan er både avhengig av pH og redokspotensialet.

Konsentrasjonen av **sink** har periodevis hatt noen høye verdier for brønnene 4, 9 og 21, men har ellers ligget stabilt under 10 µg/l (Figur 40). Det finnes ingen referanseverdi for sink i grunnvannet, men EQS verdien for ferskvann er 11 µg/l. Grunnvannets konsentrasjon av sink vil derfor ikke påvirke tilstanden til resipientene negativt.

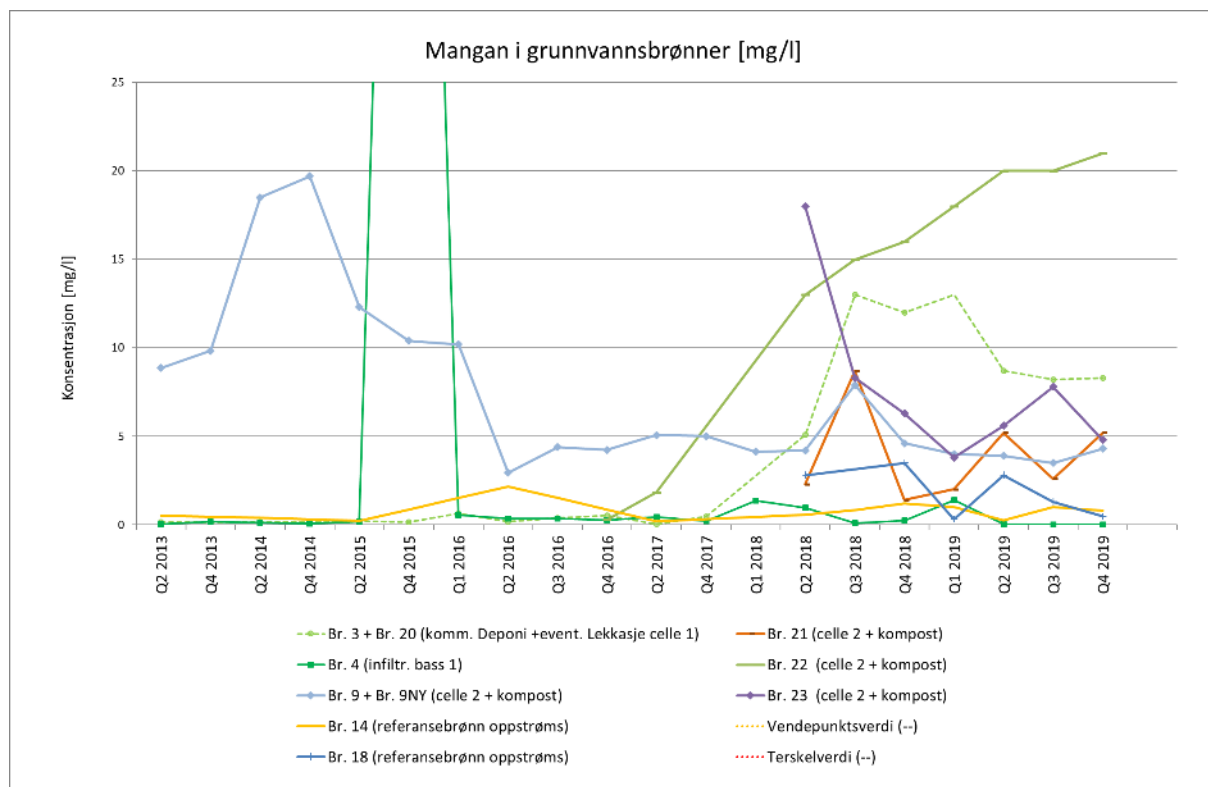
Konsentrasjonen av **kobber** i grunnvannet har vært jevnt under 20 µg/l med små fluktuasjoner for alle brønner, bortsett fra brønn 9 som har ligget i sjiktet 20 µg/l til 287 µg/l (Figur 41). Det finnes ingen grenseverdier for kobber i grunnvannet, men EQS for ferskvann er 7,8 µg/l. Siden fjerde kvartal 2018 har brønnene 23, 14, 18, 22 vært under EQS-verdien på 7,8 µg/l.

Konsentrasjonen av **nikkel** i grunnvannet har minket betydelig i brønnene 3/20 og 9, deretter har det stabilisert seg i samme sjikt som de resterende brønnene med konsentrasjoner under 40 µg/l med et aritmetisk middel på 14,1 µg/l (Figur 42). Dette gir en forurensningsindeks på 12 i de mest belastede brønnene. EQS for nikkel i ferskvann er 4 µg/l.

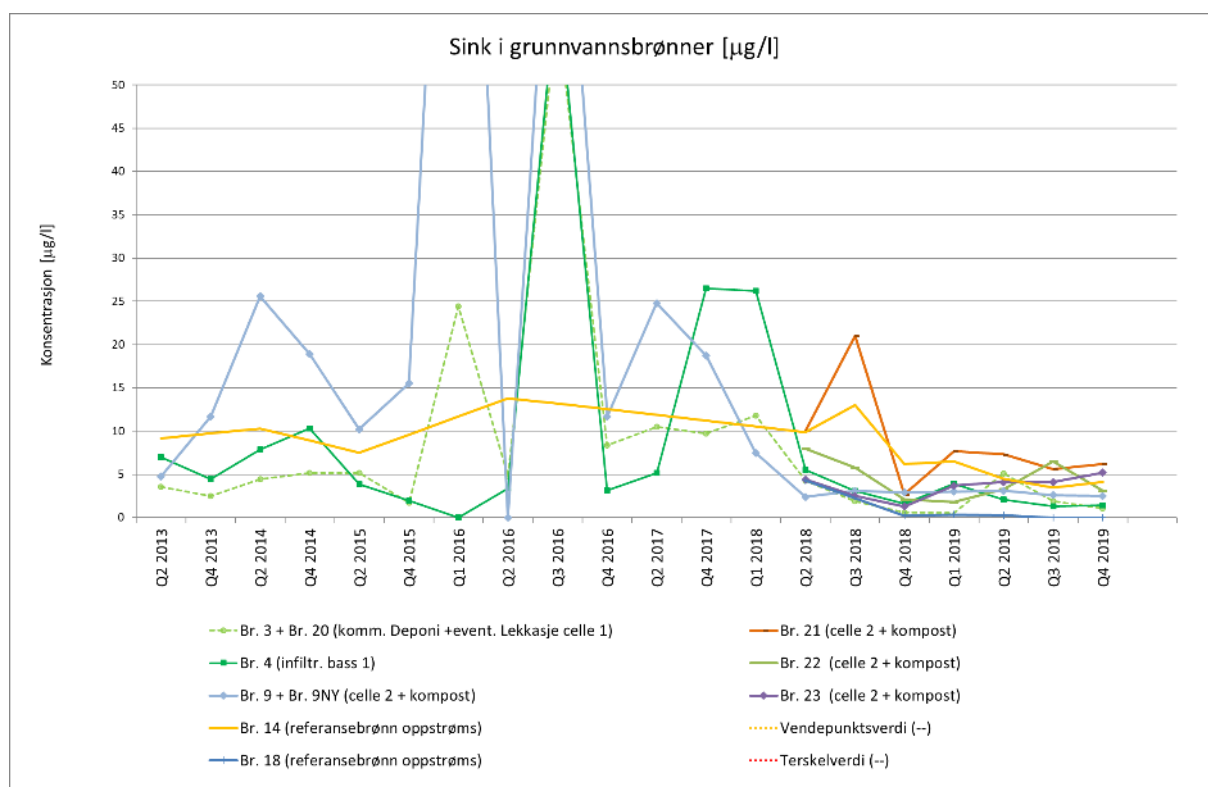
Konsentrasjonen av **antimon** ligger i de fleste brønner i sjiktet 0,30µg/L og ned til deteksjonsgrensen på 0,02µm/l (Figur 43).



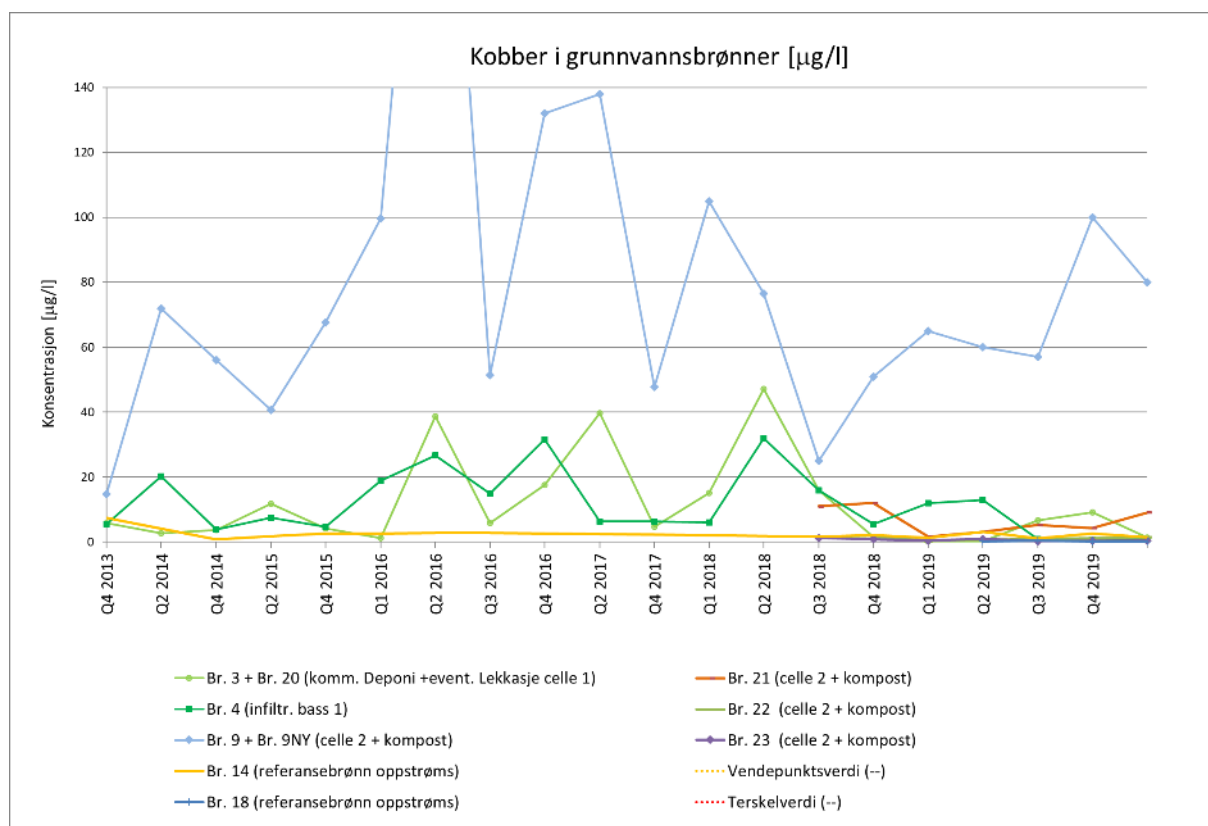
Figur 38: Graf som viser konsentrasjonen av jern i grunnvannet. Prøve Q2 2013 i brønn 10 er ut av skala med en målt konsentrasjon på 87,7 mg/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunkts- og terskelverdi for jern.



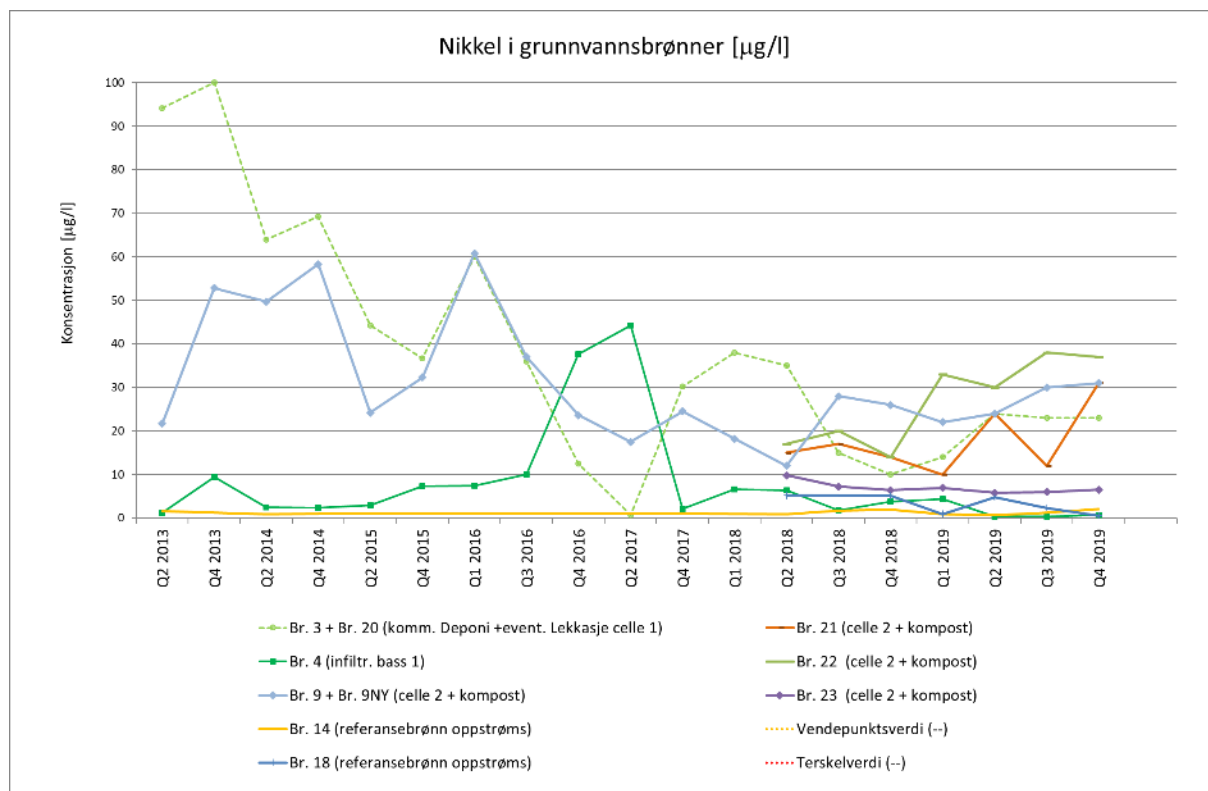
Figur 39: Graf som viser konsentrasjonen av mangan i grunnvannet. Prøve Q4 2015 i brønn 4 er ut av skala med en målt konsentrasjon på 88,9 mg/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunkt- og terskelverdi for mangan.



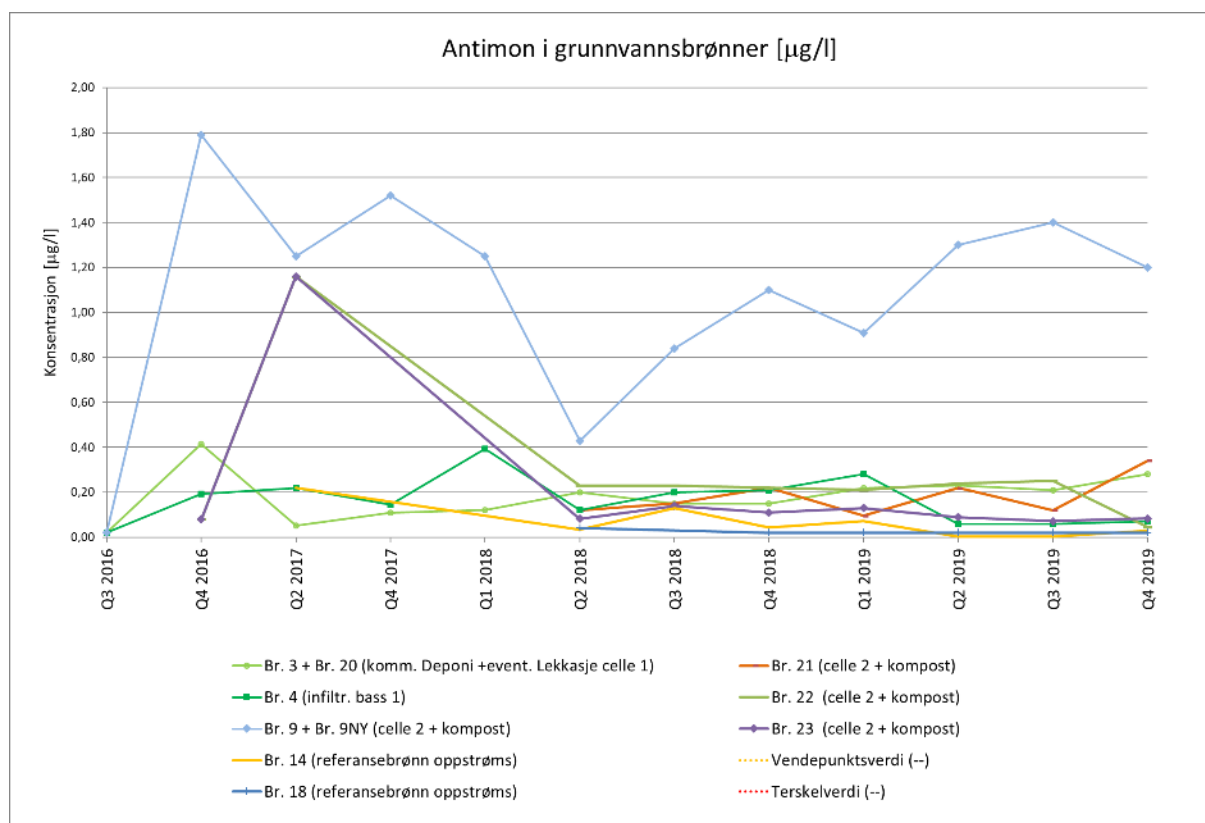
Figur 40: Graf som viser konsentrasjonen av sink i grunnvannet. Prøve Q1 2016 i brønn 9 er ut av skala med en målt konsentrasjon på 120 µg/l. Prøve Q3 2016 i brønn 3, 4 og 90 med en målt konsentrasjon henholdsvis 58,6; 83,4 og 87,5 µg/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunkt- og terskelverdi for sink.



Figur 41: Graf som viser konsentrasjonen av kobber i grunnvannet. Q1 2016 er ut av skala med en målt konsentrasjon på 287µg/l. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunks- og terskelverdi for kobber.



Figur 42: Graf som viser konsentrasjonen av nikkel i grunnvannet. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunks- og terskelverdi for nikkel.



Figur 43: Graf som viser konsentrasjonen av antimon i grunnvannet. Ifølge vannforskriften ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) finnes det ikke vendepunkt- og terskelverdi for antimon.

4.4.5 PFAS

Prøver av **PFAS**-konsentrasjonen i grunnvannet tas i tredje kvartal hvert år. Det påvises ikke PFAS-konsentrasjoner i referansebrønner 14 og 18, men det finnes PFAS-forbindelser i alle grunnvannsbrønner nedenfor deponiet med unntak av siste måling i brønn 4 (Tabell 12).

For å kunne si noe om utviklingen anbefales å avvente resultater fra neste prøvetaking i 2020.

Tabell 12: Konsentrasjoner av PFAS målt i grunnvannsbrønner.

Σ PFAS [ng/l]						
Brønn	Q4 2016	Q1 2017	Q2 2017	Q4 2017	Q1 2018	Q3 2019
Br. 3 (celle 1 + kom.dep)	173,7	--	0	1100,3	1406	580
Br. 4 (infiltr. bass 1)	--	--	1542,8	157,7	749	nd
Br. 9 (celle 2 + kompost)	--	--	1874	2219	2389	5000
Br. 14 (referanse oppstrøms)	--	--	--	--	--	nd
Br. 18. (referanse oppstrøms)	--	--	--	--	--	nd.
Br. 21 (celle 2 + kompost)	--	--	--	--	--	700
Br. 22 (celle 2 + kompost)	39	--	400,5	--	--	1100
Br. 23 (celle 2 + kompost)	--	--	--	--	--	320

4.4.6 Olje, PAH og BTEX

Ifølge prøvetakingsplan skal **olje, PAH og BTEX** prøvetes hvert 5 år. Neste prøvetaking er i 2021. Derfor blir ikke resultatene videre kommentert i denne rapporten og avventes neste prøvetaking.

Tabell 13 - Tabell 15 nedenfor viser resultatene i 2016.

Tabell 13: Hydrokarboner fra ulike oljer, diesel og bensin i grunnvannet.

Olje i vann C10-C40 [µg/l]				
Brønn	Q1 2016	Q2 2016	Q3 2016	Q4 2016
Br 3 (celle 1 + kom.dep)	53,4	24,3	17	<5
Br 4 (infiltr. bass 1)	<5	<5	<5	6,7
Br 9 (celle 2 + kompost)	147,5	41	<5	5,3
Br. 14 (referanse oppstrøms)	0	<30	--	--
Br. 18 (referanse oppstrøms)				
Br. 21 (celle 2 + kompost)				
Br. 22 (celle 2 + kompost)				
Br. 23 (celle 2 + kompost)				

Tabell 14: Summen av polysykliske aromatiske hydrokarboner målt i grunnvannet i 2016.

Σ PAH16 [µg/l]				
Brønn	Q1 2016	Q2 2016	Q3 2016	Q4 2016
Br. 3 (celle 1 + kom.dep)	0,53	0,59	0,60	< 0,06
Br. 4 (infiltr. bass 1)	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,4
Br. 9 (celle 2 + kompost)	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06
Br. 14 (referanse oppstrøms)	--	<0,06	--	--
Br. 18 (referanse oppstrøms)	--	--	--	--
Br. 21 (celle 2 + kompost)	--	--	--	--
Br. 22 (celle 2 + kompost)	--	--	--	--
Br. 23 (celle 2 + kompost)	--	--	--	--

Tabell 15 : Summen av flyktige aromatiske forbindelser (benzen, toluen, etylbenzen og xylen).

Σ BTEX [µg/l]				
Brønn	Q1 2016	Q2 2016	Q3 2016	Q4 2016
Br. 3 (celle 1 + kom.dep)	10,9	0,7	0,12	0
Br. 4 (infiltr. bass 1)	0	0	1,39	0,11
Br. 9 (celle 2 + kompost)	0	0	0,41	0
Br. 14 (referanse oppstrøms)	0	0	--	--
Br. 18 (referanse oppstrøms)				
Br. 21 (celle 2 + kompost)				
Br. 22 (celle 2 + kompost)				
Br. 23 (celle 2 + kompost)				

4.4.7 Akutt toksisitet (TU)

Screening-testen for **akutt toksisitet (TU)** er en bakteriell bioluminescens test. Ifølge prøvetakingsprogrammet vil neste toksisitetstest av grunnvannet gjennomføres i 2021.

Tabell 16 : Tabell som viser aritmetisk middel for toksisitetsmålinger i grunnvannet.

Akutt toksisitet (TU) Q2 2016				
Brønn	Akutt toksisitet screening	Ak. Tox EC50	Ak.Tox EC20	Gj.snittlig inhibering
Br. 3 (celle 1 + kom.dep)	nd.	nd.	464*	22,8
Br. 4 (infiltr. bass 1)	nd.	nd.	333*	9,3
Br. 9 (celle 2 + kompost)	nd.	nd.	333**	23,5
Br. 14 (referanse oppstrøms)	nd.	nd.	nd.	-2,3
Br. 18 (referanse oppstrøms)	--	--	--	--
Br. 21 (celle 2 + kompost)	--	--	--	--
Br. 22 (celle 2 + kompost)	--	--	--	--
Br. 23 (celle 2 + kompost)	--	--	--	--
Angitte verdier er aritmetisk middel med unntak av enkeltstående målinger markert med *. Foreligger der to målinger det året er tallene markert med **				

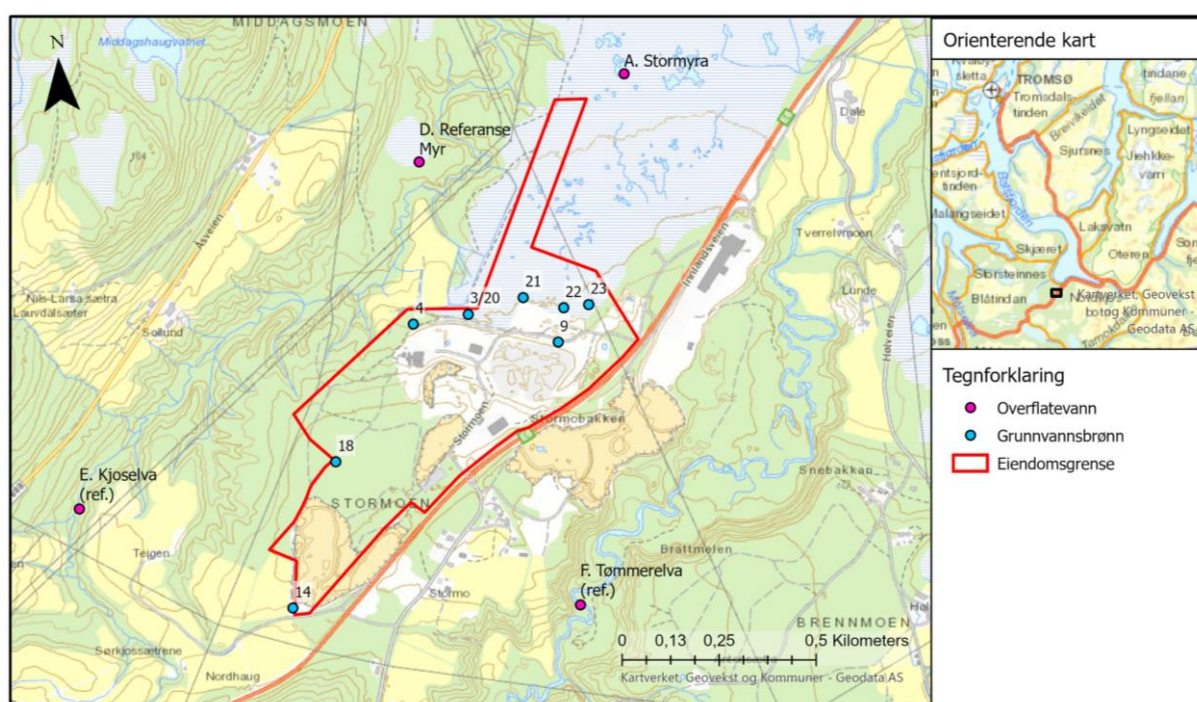
4.4.8 Koliforme bakterier

Det har bare blitt gjort to funn av koliforme bakterier i grunnvannet på Stormoen deponi. Begge funnene ble gjort i brønn 9 i andre og fjerde kvartal i året 2017 med henholdsvis 31 og 3 pr 100 ml. I grunnvannet skal det normalt sett ikke finnes koliforme bakterier. Årsaken til funnene er usikkert. En mulig årsak kan være slamkompostering nær brønn 9.

5. Overflatevann

5.1 PRØVETAKING OVERFLATEVANN

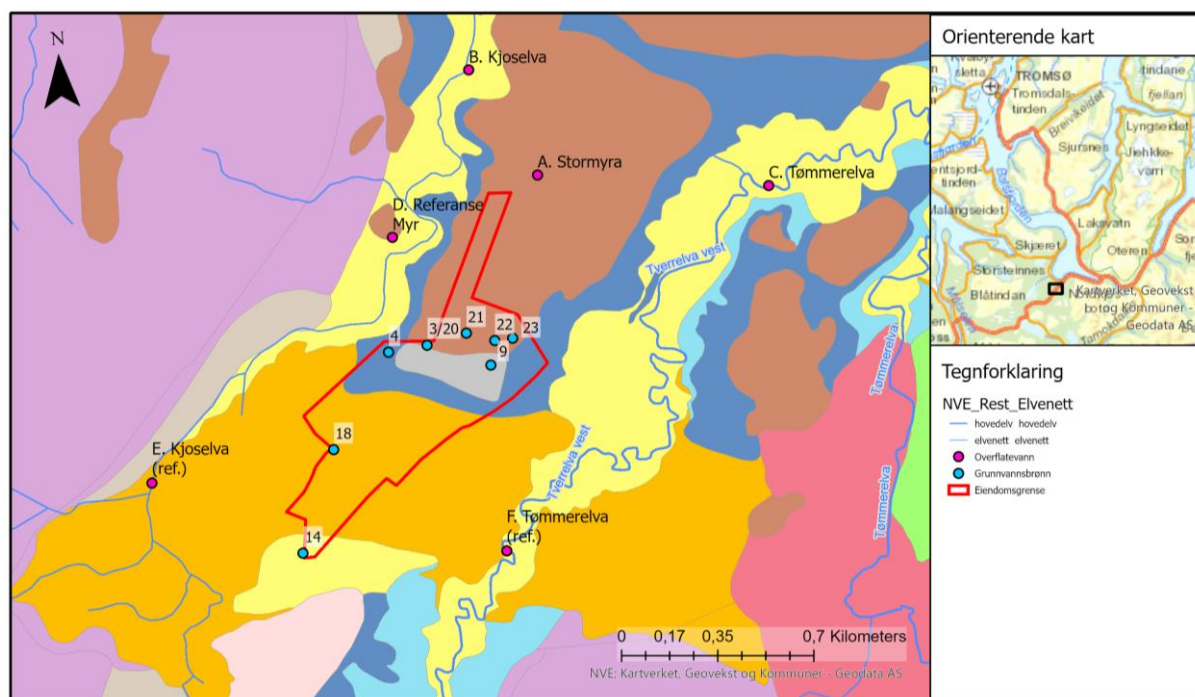
For å kunne overvåke deponiets påvirkning på resipient, er det satt opp en overvåkning av kjemiske parametere i overflatevann som står i kontakt med grunnvannet nedstrøms deponiet. Det tas prøver i de to elvene (Kjoselva og Tømmerelva) som ligger på hver sin side av deponiet og Stormyra som ligger direkte nedstrøms deponiet. Referanseprøver tas i de samme elvene oppstrøms deponiet og i en referanse-myr (se Figur 44). Stormyra finnes ikke oppstrøms deponiet. Da prøvetakingsprogrammet ble utarbeidet ble det derfor valgt en myr i nærheten for å representere et upåvirket myrområde.



Figur 44: Kart som viser geografiske plasseringen av prøvepunkter for overflatevann. Se Vedlegg II for større utgave av kartet.

5.2 VURDERING OVERFLATEVANNSANALYSER

På VannNett er Kjoselva registrert som et vassdrag med god kjemisk tilstand og med en moderat økologisk påvirkning. Vanntypen er små, kalkrik, klar (TOC2-5) med internasjonal vanntype nummer R109. Vassdraget påvirkes av næringsforurensning og organisk forurensning fra flere jordbruks- og urbane kilder (VannforekomstID 198-39-R) (VannNett-Portal, 2019) (se også Vedlegg VII). Oppstrøms løper Kjoselva i et leie bestående først av forvitningsmateriale, til breelv og bresjø-/innsjø avsetninger med mulighet for noe vanntilførsel fra områder med et tynt humusdekke som ligger rett på berggrunnen. Nedstrøms løper elven i et leie av bresjø-/innsjøavsetninger med mulig vanntilførsel gjennom løsmasser av tidligere marine avsetninger. Lengst nede ved prøvepunkt er det mulighet for myrpåvirkning.



Figur 45: Oversiktskart som viser løsmassegeologien (NGU løsmassedatabase, 2019), grunnvannsbrønner og prøvetakingspunkter for overflatevann. Se Vedlegg II for større utgave av kartet.

Tømmerselva er registrert som et vassdrag med ukjent kjemisk tilstand og med en moderat økologisk påvirkning. Vanntypen er middels, moderat kalkrik, klar (TOC2-5) med internasjonal vanntype nummer R207. Vassdraget påvirkes av næringsforurensning, organisk forurensning fra flere jordbruks- og urbane kilder samt akvakultur (VannforekomstID 198-46-R) (VannNett-Portal, 2019) (se også Vedlegg VII).

På løsmassekart (Figur 45) ser en at Tømmerselva løper i et leie av bresjø-/innsjøavsetninger. Oppstrøms med mulig vanntilførsel gjennom løsmasseavsetninger fra tidligere hav og fjordavsetning. Nedstrøms med mulig vanntilførsel gjennom løsmasser fra tidligere marine standsavsetning. Det er noe avstand til myrområdet og liten grunn til å tro at myr har stor innflytelse på vannkjemien i Tømmerselva.

For myra finnes det ikke en slik oppsummering på VannNett.

Vannforskriften gjelder for alle vannforekomster i Norge. For å klassifisere tilstand i overflatevann har vi derfor brukt Direktoratgruppen vanddirektivets «Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann» (Vanddirektivet, 2018) (Ref. tabell 10 og 11 i veilederen) – se også kapittel 3.3.1.

5.3 RESULTATER OVERFLATEVANN 2019

Tabell 17 viser gjennomsnittskonsentrasjoner fra overflatevannprøver tatt i 2018 og 2019. Alle analyseresultater for 2019 er vist i Vedlegg VI.

Ved å sammenholde de kjemiske analyseresultater mot tilstandsklasser fra «Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann» kan en se at de fleste prioriterte stoffer har tilstand god i overflatevannet.

Av Tabell 17 ser en at nivåene av næringssalter, organisk innhold, ledningsevne og prioriterte metaller er noe forhøyet om en sammenligner nedstrøms i forhold til oppstrøms av deponiet, men det er likevel innenfor akseptable grenseverdier. Med unntak av arsen har deponiaktiviteten på Stormoen ikke uakseptabel påvirkning på det ytre miljø. Imidlertid tilsvarer konsentrasjoner over 0,5 µg/l av arsen i overflatevann en moderat tilstand i vannforekomsten Stormyra. Fra grunnvannsprøvene ser man at de gjennomsnittlige arsen-konsentrasjonene i flere av brønnene ligger rundt 3 µg/l. Dette er under vendepunktetsverdien for grunnvann (7,5 µg/l) (Figur 36). Samtidig er konsentrasjonen av arsen i grunnvann over EQS-verdien for overflatevann som er 0,5 µg/l. Konsentrasjonen av arsen i grunnvann kan ha innvirkning på Stormyra nedstrøms, om ikke den felles ut grunnvanns-sedimentene. Risikoen for at dette skal utgjøre et problem i fremtiden vurderes som liten. Dette da utviklingen de siste årene er positiv med lavere verdier, og ut fra en helhetsvurdering forventes det ikke at denne konsentrasjonen skal øke.

Tabell 17 angir hvilken tilstandsklasse hver enkelte vannforekomst ville fått ut fra vanntype og vanndirektivets veileder (Vanndirektivet, 2018). Myr er ikke registrert som vannforekomst i hht. Vannforskriften. For å få et sammenligningsgrunnlag har vi derfor benyttet vanntypen til Kjoselva for å gi et skjønn på tilstanden. Dette tilsier at tilstanden for Stormyra er noe dårligere for Stormyra enn for referansemyra.

Grunnvannet kan bidra med tilsig av nitrogen til elv. Vannprøver i Kjoselva nedstrøms oppnår svært dårlig tilstand pga. høye konsentrasjoner av totalt nitrogen (ref. tabell 11 og 17). Næringsstoffene ammonium og totalt nitrogen har en forurensningsindeks på henholdsvis 9,5 og 12,9 i grunnvannet. Samtidig er elven påvirket av landbruk og andre virksomheter som kan bidra til næringsstoffer, organisk materiale og metaller (se andre virksomheter beskrevet i kap. 2.3). Det er vanskelig å vurdere om nitrogentilførselen stammer fra deponiet eller fra andre kilder uten videre undersøkelser (se kapittel 7). Som omtalt i kapittel 4.4.2. kan konsekvensene av høyt nitrogeninnhold antas å være begrenset.

For prøvene av overflatevann i myr er det, etter råd fra Multiconsult (Multiconsult, 2018), benyttet en referansemyr like ved Stormyra. Resultatene av overvåkingen (Tabell 17), viser at overflatevann i Stormyra har en lavere pH-verdi (6,1) enn vann fra referansemyra (7,6). Lavere pH-verdier kan føre til mobilitet av miljøgifter, spesielt metaller. Derfor kan det også være naturlige årsaker som fører til høyere stoffkonsentrasjoner i Stormyra enn i referansemyra.

Tabell 17: Tabell viser resultater fra de kjemiske analyser av overflatevann. Tilstandsklasser fra prioriterte stoffer er hentet fra veileder (Vanndirektivet, 2018). Blå angir tilstandsklasse I- bakgrunn, grønn angir tilstandsklasse II – god; gul angir tilstandsklasse III – moderat; rødt angir tilstandsklasse V -svært dårlig.

	Stormyra (A)		Referanse myr (D)		Kjoselva (B)		Kjoselva (E ref.)		Tømmerelva (C)		Tømmerelva (F ref.)	
Parameter	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Surhetsgrad [ph]	6,2	6,0	7,7	7,5	8,1	7,9	8,1	8,1	7,8	7,6	7,8	7,5
Ledningsevne [mS/m]	10,5	8,7	15,9	15,8	30,1	30,1	27,6	26,3	13,4	12,9	9,3	8,6
Klorid [mg/l]	21,67	11,7	5,57	5,4	11,47	11,5	5,77	5,4	6,2	5,9	3,0	2,9
Løst organisk karbon [mg/l]	41	31,7	12,3	10,8	6,2	4,9	3,5	3,1	3,8	3,0	3,8	3,0
Total nitrogen [µg/l]	193	660	420	350	2130	2770	370	453	270	363	180	197
Ammonium nitrogen [mg/l]	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,66	1,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Total fosfor [µg/l]	16	23,3	6	7,7	5,8	7,7	4	3,3	4,00	8,2	4	5,8
Jern [mg/l]	433,33	353,3	125,33	93,0	98	50,3	21,3	21,7	139,3	112,3	42	34,3
Mangan [mg/l]	55,6	44,3	2,39	1,1	10,1	18,7	2,47	5,7	15,6	20,7	5,33	11,2
Sink [mg/l]	3,6	2,7	1,1	0,35	0,74	<0,002	0,4	<0,002	0,86	0,46	0,97	<0,002
Kobber [mg/l]	0,72	0,47	0,30	0,60	0,83	0,64	0,51	0,33	0,63	0,67	0,74	0,76
Bly [mg/l]	0,98	0,7	0,02	0,014	0,02	<0,1	0	<0,01	0,02	<0,01	0	<0,1
Kadmium [mg/l]	0,01	0,006	0,01	<0,004	0	<0,04	0	<0,004	0	<0,004	0	<0,04
Nikkel [mg/l]	1,5	0,79	0,48	0,51	1,5	1,2	0,34	0,35	0,48	0,51	0,54	0,55
Krom [µg/l]	1,2	0,58	0,17	0,16	0,24	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,056	<0,05	<0,05
Arsen [µg/l]	0,86	0,67	<0,2	0,11	0,13	0,43	<0,2	0,11	0,03	0,081	<0,2	<0,2
Kvikksølv [µg/l]	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Antimon [µg/l]	0,32	0,66	0,03	<0,002	0	1	0,03	0,025	0	<0,02	0	0,52
Sum 23 PFAS [ng/l]	157,86	76	<0,30	nd.	39,94	29	<0,30	nd.	0,39	0,35	<0,30	nd.

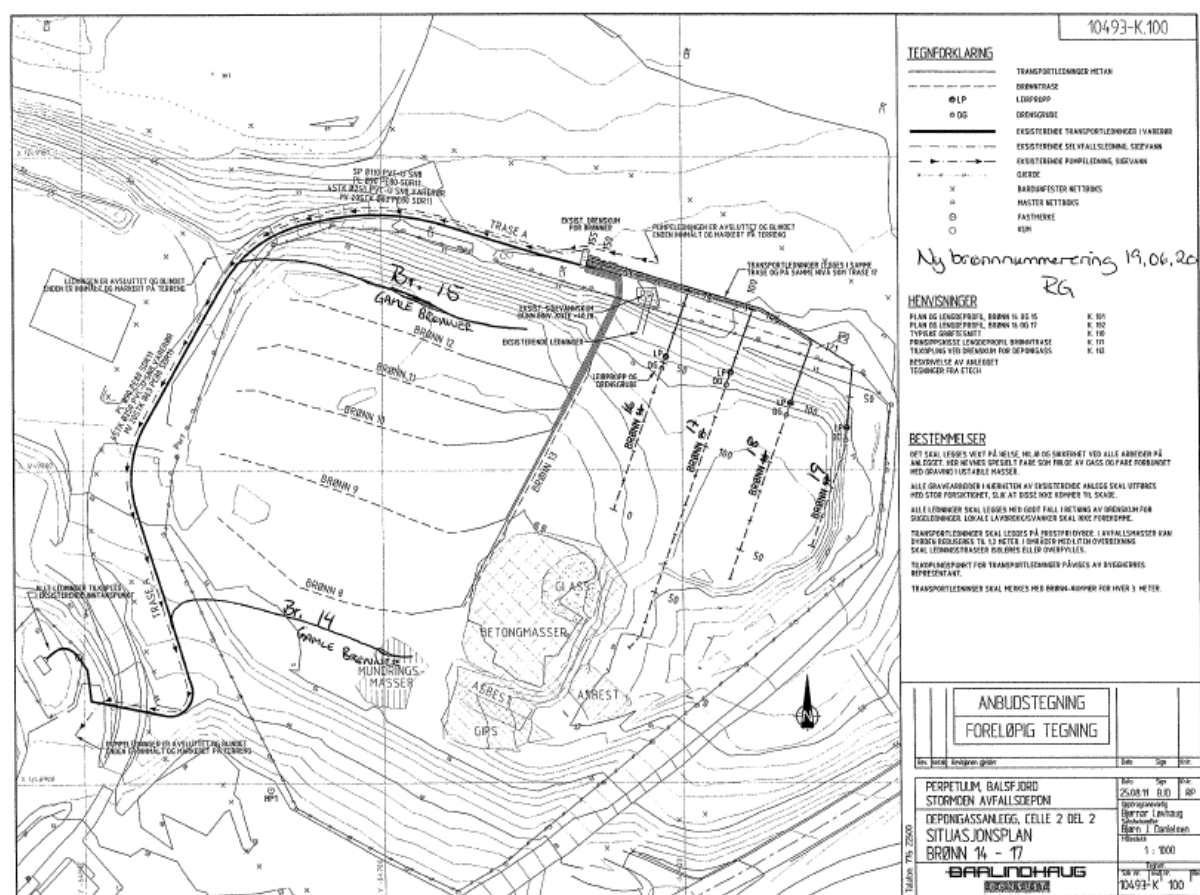
6. Deponigass

Sommeren 2002 ble deponigassanlegget på Stormoen startet opp. Avslutning av deponicelle 1 startet tidlig i 2001, og 7 horisontale brønner ble etablert for å samle opp metan fra nedbryting av organisk avfall.

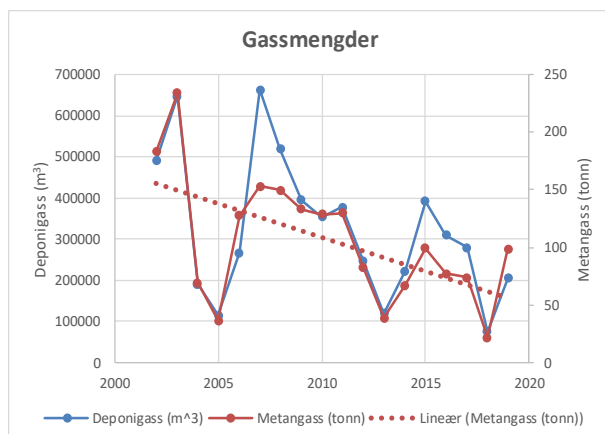
Deponigassanlegget startet med Celle 1 og i høsten 2004 ble Celle 2, byggetrinn del 1 koblet til deponigassanlegget. Det var 3 metangass byggetrinn for Celle 2 (1-2004, 2-2008 og 2-2011) som resulterte til dagens situasjon av 19 horisontale brønner. Energimåler på fyrkjele var montert i januar 2011.

Slik gassanlegget står nå er det 18 inntak av gass. Brønn 19 ligger helt i utkanten av deponiet. Dette området ble fylt inn sent, og med masser som har svært lite innhold av organisk materiale. Denne brønnen ble derfor valgt bort. Kart nedenfor (Figur 46) vises de 12 horisontale brønner (8-19) som dekker Celle 2.

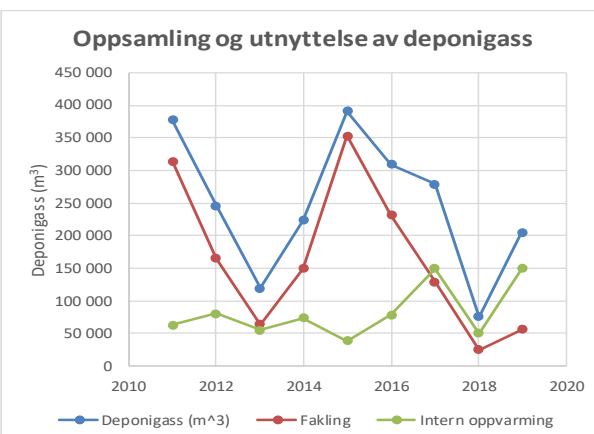
Den akkumulerte mengden deponigass som er oppsamlet siden anlegget ble satt i drift er pr 31.12.2019 på 5.865.988 m³. Dette tilsvarer 128.841 driftstimer og 25.191.275 akkumulert energi i kWh. Den årlige deponigass- og metangassproduksjon vises i Figur 47. Metangassproduksjonen følger produksjonen av deponigass. Den årlige mengden deponigass har en synkende trend (se lineær trend i Figur 47), selv om mengden gass i 2019 er registrert noe høyere enn i 2018.



Figur 46: Kart av 12 horisontale brønner for metangass i celle 2.



Figur 47: Årlig deponigassmengde og metangass produksjon i perioden 2001-2019.



Figur 48: Oppsamling og utnyttelse av deponigass i perioden 2011-2019.

Den sannsynlige årsaken til synkende metangassproduksjon er at det avfallet som deponeres inneholder stadig mindre organisk avfall, ikke minst på grunn av de restriksjoner som kom på deponering av organisk avfall i 2011. Det såkalte «deponiforbudet» kom i 2009, men Stormoen hadde et unntak fra dette frem til midten av 2011. Organisk avfall bruker mange 10-år på å brytes ned i et deponi, men etter noen år vil man se at produksjonen går ned.

Deponigassanlegget har vært i normal drift i 2019, kun med noen stopp for vedlikehold.

Deponigassanlegget har i 2019 vært i drift i 6.432 timer, dette tilsvarer ca. 73% driftstid og har i løpet av året gitt ca. 700.000 kWh og gitt et snitt uttak på ca. 90kW/time.

Det må nevnes at de tallene som måles på enkelte brønner er beheftet med betydelige feil, noe som omtales ytterligere på driftsprosessen. Når gassanlegg går i brenner-modus (fyrkjele) er flowen (3-40 M³/t) for liten til at den registreres riktig på hver enkelt brønn. Dette i motsetning til når gasen brennes av i fakkel (40-100 m³/t), hvor flow blir registrert korrekt. Med høy flow over tid risikerer man imidlertid å suge fyllinga tom for gass, og ikke ha energi til kjelen. Det er planlagt en oppgradering på gassanlegget sommeren 2020, som også vil gi mer korrekte registreringer. Det blir i størst mulig grad forsøkt å kjøre anlegget i brenner-modus (fyrkjele) vinterstid, for å utnytte energien/metangassen. Så lenge det ikke registreres diffuse utslipp fra fyllinga er dette prioritert.

I den daglige driften blir det forsøkt å holde en metankonsentrasjon på minimum 38% for at fakkel og fyrkjele skal kunne driftes (Figur 48). I 2019 har snitt konsentrasjonen på metan vært 40,9%. Siden 2015 har vi kontrollert andelen metangass i deponigassen, med en målt verdi på metan ut fra anlegget. Dette er målt ukentlig i samlestocken. Måling i samlestocken gir en riktig verdi for den totale produksjon. Dette i motsetning til om man tok gjennomsnittsverdier for alle brønner, da disse har ulik flow. I 2015-2018 var gjennomsnittlig andel metan i deponigassen 40,1%, ca. det samme som i 2019.

Når det gjelder de historiske dataene kan kanskje spesielt 2015 kommenteres. Man hadde i 2015 en svært lang driftsstans på kjelanlegget. Dette gav en veldig lav utnyttelsesgrad for gassen og høy andel fakling. Ved fakling kjøres anlegget også på høyere flow, som gjør at mer gass total også er tatt ut dette året.

7. Miljørisikovurdering

Formålet med en miljørisikovurdering er å avdekke hvilke miljøskadelige stoffer som siver ut fra deponiet og hvilke påvirkninger disse har på miljøet. Det er derfor viktig å betrakte hele transportveien for stoffet – fra sigevannsutslipp til resipientene grunnvann og overflatevann - i en sammenheng.

Miljørisikovurderingen av oppsamling av sigevann kan foretas i tre trinn (SFT TA-1995 | 2003):

- Trinn 1 - Kildekarakterisering:** Tilstedeværelse av miljøskadelige stoffer? Om ja, er de mobile og overstiger innholdet akseptable nivåer?
- Trinn 2 - Transportkarakterisering:** Lekker miljøskadelige stoffer ut i uakseptable mengder?
- Trinn 3 - Resipientkarakterisering:** Skaper det som tilføres miljøet fare for uakseptable effekter?

7.1 TRINN 1: KILDEKARAKTERISERING

Oppsummering analyseresultater sigevann

Analyseresultater fra overvåkningsprogrammet viser at den generelle trenden er at sigevannets innhold av forurensninger er redusert over tid - spesielt etter innføring av luftebassenget i 2014 (Tabell 4). I 2019 lå stoffkonsentrasjonene i sigevannet enda lavere enn de gjennomsnittlige konsentrasjonene i 2014-2018.

Resultatene ble sammenlignet med eksisterende grenseverdier. Siden det ikke foreligger grenseverdier for alle stoffparametere, ble en forurensingsindeks beregnet (se kapittel 3.3.1). Forurensingsindeksen F_i belyser hvilke stoffer som har høye konsentrasjoner i sigevannet i forhold til bakgrunnsnivået av de samme stoffene, men den gir ikke et direkte uttrykk for hvor miljøskadelig de er.

Stoffparameter i behandlet sigevannet som ligger enten over grenseverdien og/eller hadde en forurensingsindeks > 10 og som skulle betraktes nærmere i trinn 2 er listet opp i Tabell 18.

Tabell 18: Gjennomsnittlige konsentrasjoner av miljøgifter i behandlet sigevann i 2019 som ligger over grenseverdien for ferskvann (AA-QS) eller har en forurensningsindeks > 10 .

Parameter	Gj. Konsentrasjon 2019	Bakgrunn for utvalg til trinn 2
Klorid (Cl)	910 mg/l	$F_i = 50$
Ammonium (NH ₄)	207 mg/l	$F_i = 102$
Total Nitrogen (Tot-N)	255 mg/l	$F_i = 101$
Total Fosfor (Tot-P)	1 mg/l	$F_i = 27$
Total organisk karbon (TOC)	323 mg/l	$F_i = 32$
Nikkel (Ni)	17 µg/l	$> \text{AA-QS (4 µg/l)}$
Krom (Cr)	45 µg/l	$> \text{AA-QS (3,4 µg/l)}$ og $F_i = 66$
Arsen (As)	16 µg/l	$> \text{AA-QS (0,5 µg/l)}$ og $F_i = 67$
Antimon (Sb)	0,93 µg/l	$F_i = 16$
ΣPFAS	4450 ng/l	$F_i = 445$
PFOS	249 ng/l	$\text{AA-QS}_{\text{PFOS}} = 0,65 \text{ ng/l}$

7.2 TRINN 2: TRANSPORTKARAKTERISERING

Fra sigevann til grunnvann

Vannbalansen for Stormoen (kapittel 2.5) viser at det ikke er antydning til lekkasje fra deponicelle 1 og 2 eller andre steder enn gjennom sigevannsbehandlingssystemet. Det kan dermed antas at kilden for forurensningsstoffer fra deponiet til grunnvannet, er sigevannet som går gjennom infiltrasjonsbassenget og infiltreres i grunnen.

Det som forstyrrer dette bildet, er forurensning som kan tilføres grunnvannsbrønnene fra andre kilder enn deponicelle 1 og 2. Kompostering av slam og det gamle kommunale avfallsdeponiet uten bunntetting (celle 0), er sannsynligvis de viktigste forstyrrende faktorene, men også andre kilder som landbruk og generell industriell aktivitet og trafikk i området kan påvirke.

Sigevannet infiltrerer fra infiltrasjonsbasseng til grunnvannet gjennom en umettet sone som har en antatt mektighet på nærmere 30 m. Umettet sone er antatt å bestå av sorterte, ofte skråstilte lag av ulike kornstørrelser - fra fin sand til grus med innslag av siltrike linser og lite organisk materiale. Kornstørrelsen minker mot bunnen (Barlinghaug, 2006). Løsmassene under infiltrasjonsbassenget har gode egenskaper for vanntransport i grunnen. Sigevann og regnvann vil derfor infiltrere til dypere lag og til akviferen.

Generelt kan en umettet sone fungerer som filter siden vannkvaliteten endres av kjemiske, biokjemiske, fysiske og biologiske prosesser. Miljøgifter kan holdes tilbake, adsorberer på jordpartikler eller nedbrytes.

Resultatene fra grunnvannsprøver (Tabell 11) viser en generell trend med redusert påvirkning over tid. Dette skyldes at belastningen fra sigevannsdiskonseringen har blitt redusert. I tillegg kan en se at det bare er fem stoffer som har en forurensningsindeks > 10 (oppsummert i Tabell 19). Klorid og ammonium ligger også over terskelverdien for grunnvann.

Sammenlignet med stoffkonsentrasjonene i sigevannet ser man en betydelig reduksjon i mengde for de fleste parameter. Det antas at denne lange transportveien sigevannet har gjennom den umettede sonen til grunnvannet på Stormoen gir en positiv effekt med redusert belastning på grunnvann som resipient.

Trender for nivåene av miljøgifter (tungmetaller, PAH, BTEX m.fl.) i grunnvannsbrønnene er generelt nedadgående. Flere år med data fra de nye brønnene som er etablert vil gi et bedre grunnlag for vurderingene.

Tabell 19: Gjennomsnittlige konsentrasjoner av miljøgifter i grunnvann i 2019 som ligger over vendepunktetsverdien eller har en forurensningsindeks > 10.

Parameter	Gj. Konsentrasjon sigevann 2019	Gj. konsentrasjon grunnvann 2019	Bakgrunn for utvalg til trinn 3
Klorid (Cl)	910 mg/l	254 mg/l	> terskelverdi (200 mg/l) og $F_i = 34$
Ammonium (NH ₄)	207 mg/l	25 mg/l	> terskelverdi (0,5 mg/N) og $F_i = 12$
Total Nitrogen (Tot-N)	255 mg/l	43 mg/l	$F_i = 17$
Total organisk karbon (TOC)	323 mg/l	110 mg/l	$F_i = 11$
ΣPFAS	4,5 µg/l	1,3 µg/l	$F_i = 128$

Fra grunnvann til overflatevann

Grunnvannet kan bidra med tilsig av miljøgifter til elver og myr.

Fra analyseresultatene av overflatevannprøver (Tabell 17) og ved å tildele tilstandsklasser fra «Veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann» ser en at nivåene av næringssalter, organisk innhold og prioriterte metaller er noe forhøyet nedstrøms i forhold til oppstrøms av deponiet. Verdiene er likevel innenfor akseptable grenseverdier.

For de fleste parameter er tilstanden i Kjoselva og Tømmerelva nedstrøms deponiet god (tilstandsklasse II) eller bakgrunnsnivå (tilstandsklasse I). Unntaket er tilførsel av nitrogen til Kjoselva. Denne konsentrasjonen har høyeste tilstandsklasse (svært dårlig).

De fleste stoffparameter på Stormyra har tilstandsklasse II (god). Det er bare arsen-konsentrasjon som har tilstandsklasse III (moderat). Arsen ligger litt over grenseverdien i overflatevann. Det forventes ikke at denne konsentrasjonen kommer til å øke de neste årene.

Tabellen nedenfor (Tabell 20) oppsummerer miljøgifter i overflatevann som betraktes nærmere i trinn 3.

Tabell 20: Gjennomsnittlige konsentrasjoner av miljøgifter i overflatevann i 2019 som ligger over AA-QS verdien og dermed over tilstandsklasse II (god)

Parameter	Overflatevann	Gj, konsentrasjon 2019	Bakgrunn for utvalg til trinn 3
Total Nitrogen (Tot-N)	Kjoselva nedstrøms	2,7 mg/l	Tilstandsklasse V – svært dårlig
Arsen (As)	Stormyra	0,67 µg/l	Tilstandsklasse III – moderat
ΣPFAS PFOS	Stormyra	76 ng/l 1,2 ng/L	Grenseverdi PFOS: 0,65 ng/l
ΣPFAS PFOS	Kjoselva	35 ng/l 0,83 ng/L	Grenseverdi PFOS: 0,65 ng/l

7.3 TRINN 3: RESIPIENTKARATERISERING

7.3.1 Miljørisiko i grunnvann

Det er ikke til å unngå at grunnvannet påvirkes ved deponier der sigevannet slutttdisponeres ved lokal infiltrasjon. Det er to tilstandsklasser for grunnvannsforekomster; **god og dårlig** tilstand.

Iht. vannforskriftens vedlegg V, punkt 2.3.2 ("FOR-2006-12-15-1446," 2020) er god kjemisk tilstand for grunnvann definert ved bl.a. at konsentrasjonene av forurensede stoffer ikke overstiger terskelverdier som er oppført i Tabell 10. Terskelverdiene er fastsatte konsentrasjoner av stoffer i grunnvannet som definerer grensen mellom god og dårlig kjemisk tilstand. For å forhindre en negativ utvikling for kjemisk tilstand i grunnvannsforekomster, er det i tillegg definert vendepunktsverdier (se kapittel 4.2).

Grunnvannsbrønnene på Stormoen påvirkes i varierende grad av sigevannsdiskosponering. Gjennomsnittskonsentrasjonene i de samlede grunnvannsprøvene viser forhøyde konsentrasjoner av klorid og ammonium (over terskelverdien). Fosfor og TOC ligger under vendepunktsverdien. Grunnvannet på Stormoen klassifiseres derfor som dårlig.

Trender for nivåene av miljøgifter (tungmetaller, PAH, BTEX m.fl.) i grunnvannsbrønnene er generelt nedadgående. Flere år med data fra de nye brønnene som er etablert vil gi et bedre grunnlag for vurderingene.

Figur 49-Figur 52 viser en oversikt av de ulike grunnvannsbrønner med de analyserte gjennomsnittskonsentrasjonene av utvalgte stoffer (Tabell 19) for de siste tre årene (2017-2019) og fra i fjor (2019).

Brønnene er fargekodet etter lysreguleringsprinsippet:

Grønn:	God kjemisk tilstand hvor konsentrasjonen er under vendepunktsverdien for det aktuelle stoffet.
Gull:	Konsentrasjonen av det aktuelle stoffet ligger over vendepunktsverdien men under terskelverdien. Viser til at det er fare for at grunnvannskvaliteten kan forringes.
Rødt:	Dårlig kjemisk tilstand da det aktuelle stoffets konsentrasjon er over terskelverdien.

Klorid

Stormoen deponi mottok vannbasert borekaks i årene 2005-2008 som ble deponert i celle 1. Tørket borekaks ble flyttet og benyttet til topptetting i fyllingsfronten på celle 2 i 2008. Siden har det ikke vært tatt imot eller mobilisert saltholdig borekaks på Stormoen. Det er sannsynligvis lagring av borekaks i celle 1 som gav påvirkning av klorid i grunnvannet via infiltrasjonsbasseng 1. Dette utslippet hadde størst påvirkning på brønn 3 og 4. Generelt er det en nedadgående trend etter mottak opphørte.

Av Figur 49 og Figur 50 kan en se at situasjonen forbedres lokalt i 2019 i forhold til de siste 3 årene. Tilstanden i brønn 3/20 og 23 går fra å være i faresonen til å ha god tilstand.

Mottak av saltholdig borekaks opphørte i 2008 og det tok omtrent 10 år for grunnvannet i brønn 3/20 ble forbedret. Dette skyldes mange faktorer, herunder metrologiske forhold, infiltrasjon, affinitet til ulike jordtyper, reaksjon med andre stoffer i jorda, grunnvannsstrømmen, mengde borekaks som er lagret, samt den umettede sones mektighet der sigevann med klorid ble infiltrert. Klorid brytes ikke ned, men kan vel «lagres» i større grad dess større mektighet man har på umettet sone, og på den måten bidra til å dra utslippene ut i tid (fortynning).

Etter at det tørkede borekakset ble fjernet fra celle 1 i 2008 og brukt til tetting av fyllingsfronten på celle 2, trinn 1 (ref. kap 4.4.1), er det registrert høyere verdier av klorid i grunnvannet i brønn 9 (over terskelverdien). Dette har sin forklaring da tetting av fyllingsfronten ble ført ut på utsiden av bunntetting, slik at klorid som vaskes ut av topptettingen ble tilført grunnvannet direkte i nærheten av brønn 9, og antas å være hovedårsaken til det høye kloridnivået i brønn 9.

Innholdsstoffene i en avrenning fra vannbasert borekaks er hovedsakelig lett nedbrytbare organiske stoffer og salter som kaliumklorid og natriumklorid.

NaCl har ikke konsekvenser på oksygennivå i grunnvannet, men kan påvirke pH-verdien.

Miljøkonsekvensen av et kloridinnhold på de registrerte nivåer vil være begrenset, men det vil likevel være naturlig å følge utviklingen av klorid i brønnene 9, 21, 22 og 23 fremover.

Anbefalt tiltak:

- *Ikke behov for ytterligere tiltak, men bør fortsatt overvåkes nøye.*



Figur 49: Kart som viser den geografiske lokasjon av brønner med gjennomsnittskonsentrasjonen av klorid de siste 3 årene. Tilstanden til grunnvannet er beregnet fra vanddirektivets tilstandsklassifisering (Vanddirektivet, 2018) og visualisert ved farget risikoindeks. Vi gjør oppmerksom på at det ikke er noen målinger første halvdel av perioden for brønnene 21 til 23.



Figur 50: Kart som viser den geografiske lokasjon av brønner med gjennomsnittskonsentrasjonen av klorid funnet i grunnvannet i 2019. Tilstanden til grunnvannet er beregnet ut vanddirektivets tilstandsklassifisering (Vanddirektivet, 2018) og visualisert ved farget risikoindeks.

Nitrogen og ammonium

I grunnvannsbrønnene blir næringsstoffene ammonium, totalt nitrogen og fosfor analysert som henholdsvis Tot-N og Tot-P.

Analyseresultater fra overvåkningsprogrammet viser at ammoniumkonsentrasjonen stort sett er høyere enn terskelverdien for grunnvann (0,5 mg/N) (Tabell 19). I tillegg viser ammonium og totalt nitrogen en forurensningsindeks på henholdsvis 12 og 17, dermed >10. Det foreligger ingen terskelverdier for nitrogen, men siden ammonium utgjør størstedelen av Tot-N (og ammonium er godt over terskelverdien) vurderes total nitrogen som forhøyet.

På Figur 51 fremgår det at alle brønnene (samt referansebrønn 14), med unntak av brønn 18, oppnår dårlig grunnvanstiltand (konsentrasjoner over terskelverdier) for de siste tre årene. Brønn 18 står i fare for å ikke oppnå god tiltand.

Referansebrønn 18 har siden tredje kvartal 2018 ligget i grensesjiktet over og under vendepunktsverdien. Referansebrønn 14 har alltid vært under vendepunktsverdien. De to brønnene 9 og 3/20 har - med ett unntak - ligget i toppsjiktet med verdier helt opp til 205 mg/l.

Referansebrønn 14 ligger i randsonen av et landbruksområde og har derfor generelt høyere konsentrasjon av næringsstoffer enn brønn 18 som ligger i relativt upåvirkede grusavsetninger.

Figur 52 viser at situasjonen for brønn 4 har forbedret seg i 2019, da konsentrasjonene lå under vendepunktsverdien.

Selv om referansebrønnene 14 og 18 viser høye nitrogen og ammoniumkonsentrasjoner, tilsier forurensningsindeksen fra sigevannet og grunnvannet at en god del av bidraget til nitrogenmengden i grunnvannet kommer fra deponiet.

I tillegg til sigevannet som nitrogen-kilde er det også mulig at komposteringen av septikslam og sillgods fra renseanlegg fører til forhøyde nitrogen-konsentrasjoner. Rankene vil ha en avrenning som primært inneholder organisk stoff, næringssalter og mulig koliforme bakterier (funn av koliforme bakterier i brønn 9 indikerer at denne brønnen er påvirket av avrenning fra komposteringsprosessen). Første fase i komposteringen skjer på arealet på toppen av gamle deponicelle 0, der man har 5-10 meter med underliggende umettet sone (inkludert det gamle usikrede deponiet). Ettermodningen av komposten skjer på arealet nedenfor deponicelle 2, med liten umettet sone. Avrenningen fra komposteringsprosessen infiltreres ned i grunnen, og er ikke gjenstand for samme behandling som sigevannet fra deponiene.

Generelt ligger nivåene av næringsstoffer noe høyere i brønn 9 enn i brønn 20/3 og 4. Tiden vil vise i hvilken grad de nye brønnene 21, 22 og 23 er påvirket av avrenning fra ettermodningen av kompost.

Binding av ammonium/nitrogen i bakken skjer gjennom biologisk vekst, og er avhengig av blant annet oksygentilgang, riktig miks av næringsstoffer tilgjengelig, organisk materiale samt planter eller sopp. En opphopning av ammonium øker faren for nitrogenbetinget eutrofiering (beskrevet i kap. 3.5.4) i tilknyttede resipienter, som i dette tilfellet er Stormyra, Tømmervasselve og Kjoselve.

Eutrofiering i resipientene er ikke registrert i vann-nett.no, og så lenge en har lave utslipp av fosfor antas dette å gjøre det mindre sannsynlig. Høye nitrogenverdier bør observeres mht. mulig bidrag til eutrofiering og forsuring.

Anbefalt tiltak:

- I dag ligger komposteringsarealet nedenfor deponiet, bare noen få meter fra Stormyra-resipienten. I tillegg er det liten mektighet på underliggende umettet sone, som gir begrenset renseeffekt før avrenning når grunnvannet. Det vil være relevant å vurdere alternativ plassering av kompostrankene, på lokasjon med større mektighet på umettet sone for bedre rensing. Større avstand til resipienten Stormyra vil også være gunstig, også dette for å oppnå bedre rensing før avrenningen når resipient.
- Ved økt mottak av større mengder slam/organisk avfall må en vurdere om det bør etableres bunnstetting og eventuell sigevannshåndtering fra komposteringsarealet, primært hvis kompostering fortsatt skal skje på samme lokasjon som i dag.



Figur 51: Kart som viser den geografiske lokasjon av brønner med gjennomsnittskonsentrasjonen av ammonium i tidsrommet 2017 til 2019. Tilstanden til grunnvannet er beregnet ut fra vanndirektivets tilstandsklassifisering (Vanndirektivet, 2018) og visualisert ved farget risiko.



Figur 52: Kart som viser den geografiske lokasjon av brønner med gjennomsnittskonsentrasjonen av ammonium i 2019. Tilstanden til grunnvannet er beregnet ut fra vanddirektivets tilstandsklassifisering (Vanddirektivet, 2018) og visualisert ved farget risiko.

Totalt organisk karbon (TOC)

TOC-verdiene i grunnvannsbrønnene ligger under vendepunktverdiene, men skal likevel betraktes nærmere siden forurensingsindeks er > 10.

Totalt organisk karbon er et mål på organisk stoff i vannet (både humusstoffer og andre organiske stoffer bl.a. fra jordbruks- og industriutslipp). Organiske stoffer i sigevannet kan bestå av farlige miljøgifter og det må derfor være overvåkning for å følge med en evt. økning.

Anbefalt tiltak:

- *Overvåkning bør fortsette som tidligere og ved endringer bør tiltak vurderes fortløpende. En eventuell flytting av komposteringsprosessen antas også å kunne gi et positivt bidrag med tanke på TOC belastningen på grunnvannsbrønnene.*

PFAS

I grunnvannsprøvene fra referansebrønnene og brønn 4 er det ikke detektert PFAS. Det er påvist PFAS i grunnvannet fra brønn 9, 20, 21, 22 og 23.

Siden PFAS er menneskeskapte persistente forbindelser, uten noen naturlig bakgrunnsverdi, som heller ikke reagerer med andre forbindelser eller brytes ned, stammer PFAS i all hovedsak fra infiltrasjon av sigevannet. Mindre mengder kan komme fra andre kilder som komposten, eller langtransportert via luft, men hovedmengden vil være fra sigevann.

Når det gjelder kompost så er det velkjent at en rekke PFAS-forbindelser er i daglig bruk i alle husholdninger. Dette blant annet i impregneringen i tekstiler, som vil lekke ut med avløpsvann ved klesvask. Man finner videre PFAS i kosmetikk og hudpleieprodukter, i matvareemballasje, og flere

andre ulike produkter. Dette gir utslipp av PFAS til avløpet, som til en viss grad vil kunne binde seg til slampartikler og ende opp i slam fra kommunalt avløp. En rekke nyere studier viser økende PFAS-mengder i avløpsvann (Ma et al., 2020).

I april 2019 ble det utført en PFAS analyse på silslam mottatt fra Tromsø kommune. Analysen viser Σ PFAS på 5,9 $\mu\text{g/kg}$, der PFOS utgjør 0,23 $\mu\text{g/kg}$ og PFOA < 0,15 $\mu\text{g/kg}$. Verdiene er lave og ligger under normverdiene som Miljødirektoratet har foreslått for PFOS (2 $\mu\text{g/kg}$) og PFOA (11 $\mu\text{g/kg}$) (NGI, 2017). Det er derfor lite sannsynlig av kompostanlegget gir noe vesentlig bidrag til den PFAS konsentrasjonen som måles i grunnvannet.

Per dags dato finnes det ikke noen grenseverdier for Σ PFAS i vann. Veileder 02:2018 angir en AA-QS-verdi på 9.100 ng/l for PFAS-forbindelsene PFOA og 0,65 ng/l for PFOS. Gjennomsnittskonsentrasjon for disse stoffene i grunnvannet lå i 2019 på 133 ng/l (PFOA) og 30 ng/l (PFOS). PFOA i grunnvannet ligger dermed langt under AA-EQS-verdien, mens PFOS er over.

Man kan også gjøre en vurdering opp mot anbefalinger knyttet til drikkevann. Her finnes det i dag ingen krav, med der foreligger fra flere instanser forslag og anbefalinger knyttet til PFAS i drikkevann. Som det fremgår av oppstillingen i Tabell 21 nedenfor, har grunnvannet nedstrøms deponiet en PFOS verdi godt innenfor foreslått krav, mens verdien for PFOA ligger litt for høyt. Σ PFAS ligger over den anbefalte verdien fra EU på 500 ng/l, men er godt under kravet som WHO foreslår der PFOA alene skal kunne ligge på 4.000 ng/l.

Verdiene i elvene nedstrøms kommenteres i neste kapittel.

Per dags dato foreligger det få analyseresultater for PFAS i grunnvannsbrønner. Dette gjør det vanskelig å se om trenden er økende eller nedadgående.

Anbefalt tiltak:

- Videre overvåking av PFAS konsentrasjoner.

Tabell 21: Foreslåtte grenseverdier for PFAS-forbindelser i drikkevann og ferskvann, sammenlignet med målte verdier i grunn- og overflatevann på Stormoen.

	PFOS	PFOA	Σ PFAS	
	[ng/l]	[ng/l]	[ng/l]	Referanse
Drikkevann EPA, 2016 anbefaling	70	70		(EPA, 2016)
Drikkevann WHO, 2018 anbefaling	400	4000		(WHO, 2018)
Drikkevann EU (forslag 2018)	100	100	500	(European Commission, 2018)
Ferskvann, AA-EQS	0,65	9100		(Vanndirektivet, 2018)
Grunnvann, snitt nedstrøms brønner 2019	30	133	1283	
Kjoselva, 2019	0,67	2,5	29	
Tømmerelva, 2019	n.d.	n.d.	0,35	

7.3.2 Miljørisiko i overflatevann

Iht. Vanddirektivet og vannforskriften er miljømålet for alle vannforekomster av overflatevann at det skal oppnås god kjemisk tilstand innen 2021.

For å oppnå miljømålet om god kjemisk tilstand i overflatevannet skal utslipp av de prioriterte stoffene reduseres eller opphøre slik at det oppnås konsentrasjoner som ligger nær bakgrunnsnivået for naturlig forekommende stoffer og nær null for menneskeskapte stoffer.

Tømmerelva

Analyseresultater fra overvåkningen viser at Tømmerelva nedstrøms deponiet har tilstandsklasse I og II. Elven klassifiseres dermed som **god**. Tømmerelva er derfor ikke i risiko og forurensings-bidrag fra deponiet kan anses som lavt.

Anbefalt tiltak:

- Ingen

Kjoselva

Analyseresultater fra overvåkningen viser at Kjoselva nedstrøms deponiet har tilstandsklasse I og II for de fleste parameter med unntak av ammonium som får tilstandsklasse V (svært dårlig). Kjoselva nedstrøms deponiet klassifiseres dermed som **svært dårlig**.

Nitrogen-bidraget til Kjoselva stammer enten fra landbruksområder ovenfor- og nedenfor deponiet eller fra grunnvannet som også påviser forhøyde nitrogen-konsentrasjoner. Kjoselva har imidlertid ingen registrerte eutrofieringsutfordringer. Konsekvensene av høyt nitrogeninnhold antas derfor å være begrenset.

Det finnes noe PFAS i Kjoselva (29 ng/l). Det er funnet rundt 0,67 ng/l PFOS i 2019, noe som er litt over terskelverdien (0,65 ng/l) for ferskvann. PFOA ligger med 2,5 ng/l under terskelverdien for ferskvann. Som det fremgår av Tabell 21, ligger imidlertid både PFOS, PFOA, og Σ PFAS verdiene langt under anbefalte og foreslåtte grenseverdier for drikkevann.

Anbefalt tiltak:

- *Det bør vurderes å gjøre en nærmere undersøkelse av om Kjoselva likevel kan være negativt påvirket av nitrogenutslipp. Samtidig bør det også ses nærmere på andre mulige nitrogen-bidrag enn de fra deponiet langs elva.*
 - *Eutrofiering: Det antas at påvirkningen av nitrogentilførsel til Kjoselva vil ha lav effekt på mulig eutrofiering av resipienten, da fosfornivået er lavt. Det anbefales derfor kun en forenklet resipientundersøkelse av eutrofieringen i elven fra deponiet og ned til sjøen for å dokumentere forholdene.*
 - *Utslipp av nitrogen kan ha en forsurende effekt på vassdrag og derfor bør den forenklede resipients-undersøkelsen bli supplert med pH-målinger i flere deler av elva både oppstrøms- og nedstrøms deponiet.*
 - *Det bør vurderes å lage en helhetlig tiltaksplan i løpet av 2020 for å redusere nitrogenutslipp fra deponiet.*
- Videre overvåkning av PFAS-konsentrasjoner.

Stormyra

På Stormyra ligger de fleste stoffparameter i tilstandsklasse II (god), bare arsen får tilstandsklasse III (moderat). Det finnes PFAS-konsentrasjoner i vannprøvene med PFOS over AA-QS-verdien.

Stormyra har litt høyere stoffkonsentrasjoner enn overflatevannet i Kjoselva og Tømmerelva. Myrområder har høyt organisk innhold. Tungmetaller som arsen og andre miljøskadelige stoffer kan lett bindes til organisk substans og blir dermed tilbakeholdt i myr. Over lang tid kan Stormyra dermed fungerer som «lagringsplass» for miljøgifter. Per dags dato er det ikke noen antydning til dette, men det bør overvåkes nøye.

Arsen-konsentrasjonen ligger bare litt over grenseverdien i overflatevannet og er i tillegg nedadgående de siste årene. Det forventes at konsentrasjonen ikke kommer til å øke i de neste årene, men bør likevel overvåkes nøye.

Anbefalt tiltak:

- Videre overvåkning
- Resipientundersøkelse av Stormyra, flere prøvetakingspunkter mot nord og i øst-vest-aksen (transsektorer), for hver stasjon overflatevann- og jordprøver med porevann i dybden for å bl.a. identifisere utbredelse av stoffer.
- Vurdering av avrenning fra komposteringsområdet.
- Vurdere flytting av komposteringsområdet

Andre kommentarer/observasjoner:

- Mangan er ikke et prioritert mineral, men registrert økning i grunnvann må følges opp. Om mangan-konsentrasjonen fortsetter å øke av ukjent årsak i 2020, må det vurderes eventuelle tiltak.
- Brønn 9 viser generelt høyere verdier for samtlige analyseparameter. Næringsstoffer, tungmetaller og koliforme bakterier i grunnvannprøvene fra brønn 9 kan skyldes avrenning fra borekaks i tetting og fra kompostrankene. **Det at koliforme bakterier kun er funnet i brønn 9 tilsier at det finnes stofftransport fra kompostrankene til brønn 9.**
- Kompostrankene/slam kan inneholde en del tungmetaller og miljøgifter og det er derfor viktig å sjekke forurensingsgraden i grunnen under rankene.
- Som beskrevet i kapittel 2.3.2, er det mange kilder til påvirkning av nedstrøms resipienter som ikke har noe med Perpetuum sin drift å gjøre. Dette vil i mange tilfeller gjøre det komplisert å skulle trekke konklusjoner ang. kilde til forurensing. Andre påvirkningskilder bør utredes nærmere slik at det er dokumentert at eventuelle forurensinger ikke stammer fra og dermed ikke kan løses ved tiltak på deponiet.
- Det er høye konsentrasjoner av nikkel i grunnvann og sigevann. Konsentrasjonene ligger over AA-QS-verdien. Gjennomsnittskonsentrasjonene i grunnvann (18 µg/l) er lik konsentrasjonene i sigevann (17 µg/l) i 2019. Dette bør observeres.

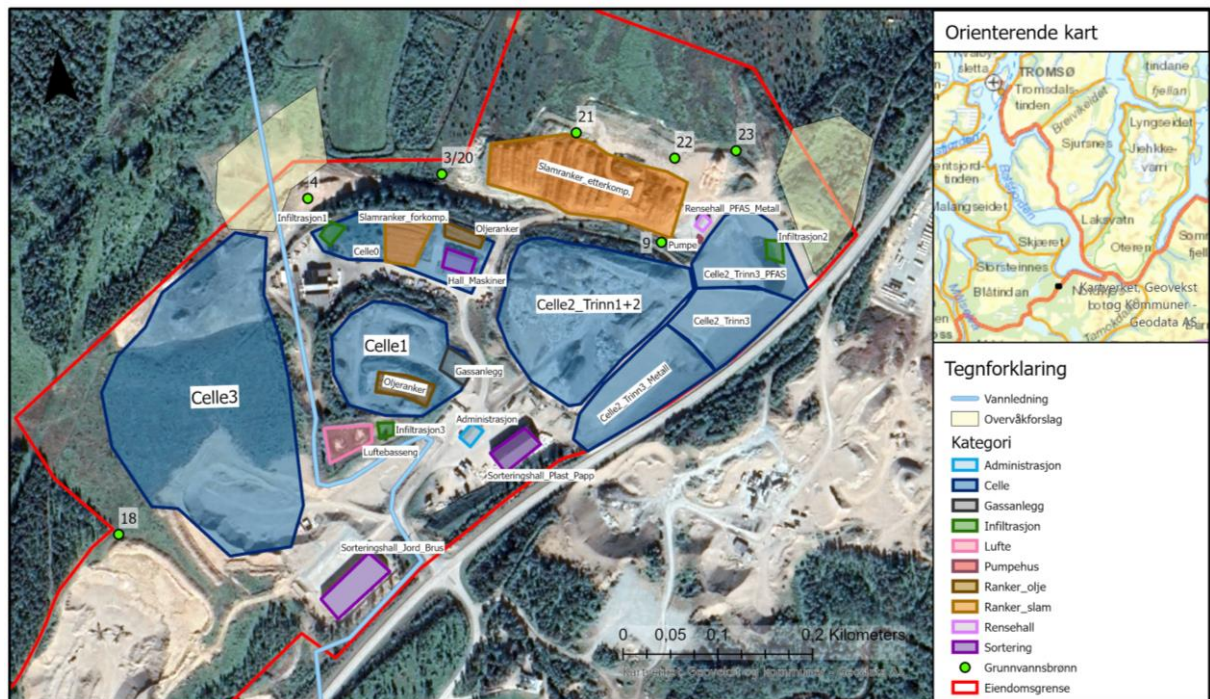
8. Vurdering av overvåkningsprogrammet

Prøvetakingsprogrammer er ikke representativ om ikke prøvene blir tatt på en repeterbar måte og at prøvemateriale blir behandlet korrekt. Sea Eco har hatt representanter til stede under prøveinnsamlingen. Her var Sea Eco vitne til gode forberedelser, dobbeltsjekk av emballasje, gode prøvetakings metoder, forsvarlig forpakning og rask forsending. Perpetuums ansatte gjør en god jobb for å imøtekomme prøvetakingsprogrammet og tar representative prøver.

Fra analyseresultater, observasjoner under befaring på Stormoen og eksisterende datagrunnlag forslås følgende tiltak som kan forbedre presisjonen på resultatene av overvåkningsprogrammet:

- Det hadde vært ønskelig med dekning av grunnvannskjemien i den nordøstlige del av deponiområdet, i Brønn 6. Det har tidligere vært en brønn 6 og brønn 12 der som ikke blir prøvetatt lengre. Erstatt den med en brønn litt lengere ut på myra langs flanken, se Figur 53 der vi har et gult skravert område for omtrentlig plassering.
- I den umettede sonen vil vann og forurensede stoffer fortrinnsvis fortynnes med regnvann og infiltrere til grunnen i hovedsakelig vertikal bevegelse. De forurensede restene kan også binde seg til partikler eller sedimenter i akviferen. Dermed kan den umettede sone under infiltrasjonsbassenget fungerer som et «filter» som holder miljøgifter tilbake. Dette må tas hensyn til ved avslutning av deponiet siden stoffer kan fortsette å lekke ut til grunnvann med nedbør over lang tid. En evaluering av stoffkonsentrasjoner i umettede sone bør vurderes. Sea Eco foreslå derfor å gjøre en profil hvor porevann tas ut fra den umettede sonen nær infiltrasjonsbassenget og et stykke nedstrøms.
- Det kan være relevant å prøveta en profil nær brønn 9 for å avklare problematikken rundt de høye konsentrasjoner knyttet til denne brønnen.
- På dagens kart ses det at vannledningen går omtrentlig nord-sørlig retning og slår en bukt nær og rundt luftebasseng og infiltrasjonsbasseng (Figur 53). Ofte legges det sekundært materiale i grøften som graves. Dette er opplyst til å være stedlige masser som ved et grovt skjønn typisk vil være løsere pakket. Den kommende celle 3 vil gå i nord-sørlig retning og skjære ned i umettet sone. De to nevnte infrastruktur kan endre på væskers bevegelse gjennom den umettede sonen i dette område. Perpetuum tilrådes derfor å overvåke grunnvannet i nord for den kommende celle 3. Se forslag til plassering på Figur 53 (gult skravert område).
- Det anbefales en revurdering av referansemyr/referansebrønner. Referansebrønnene ligger i morenemasser oppstrøms, mens overvåkningsbrønnene ligger i myr, der naturlige bakgrunnsverdier må antas å være noe annet. Referansemyr er omkranset av elveavsetninger og prøven tas i utkanten av myra, mens Stormyra er omkranset av marine avsetninger og prøvene tas mer sentralt på myra (Figur 45). Des vises i analysene at Stormyra har forskjellige egenskaper enn referansemyra bl.a. lavere pH verdier.

Før der gjøres en profil eller bores brønner, er det tilrådelig å gjøre et forstudie/feltarbeid før nøyaktig plassering bestemmes. Før grunnvannsbrønner installeres bør jordprofil dokumenteres. Ut fra kjennskap av jordens fysiske egenskaper kan det vurderes om plasseringen er egnet til formålet og dybden av perforeringen kan optimaliseres. I ettertid vil en også bedre kunne utrede evt. problemer med vanntilsig.



Figur 53: Kart som viser områdeaktiviteter, plassering av grunnvannsbrønner, vannledning og område med forslag til nye brønner markert med gult. Området for aktiviteter er stedfestet uten geografisk referanse, men ut fra visuell studie av gamle rapporter.

Referanser

- Barlinghaug, J., 2006. Stormoen Avfallsdeponi, sigevannsovervåking.
- Brendel, S., Fetter, É., Staude, C., Vierke, L., Biegel-Engler, A., 2018. Short-chain perfluoroalkyl acids: environmental concerns and a regulatory strategy under REACH. *Environ Sci Eur* 30. <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0134-4>
- Campos Pereira, H., Ullberg, M., Kleja, D.B., Gustafsson, J.P., Ahrens, L., 2018. Sorption of perfluoroalkyl substances (PFASs) to an organic soil horizon – Effect of cation composition and pH. *Chemosphere* 207, 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.012>
- ECHA, 2020. Antimony - Registration Dossier - ECHA [WWW Document]. URL <https://echa.europa.eu/registration-dossier/-/registered-dossier/16124/6/2/4> (accessed 1.29.20).
- EPA, 2016. Drinking Water Health Advisories for PFOA and PFOS (No. EPA 800-F-16-003). US Environmental Protection Agency.
- European Commission, 2018. Proposal for a directive of the european parliament and of the council on the quality of water intended for human consumption (recast) (No. 2017/0332 (COD)). European Commission, Brussel.
- Forskrift om rammer for vannforvaltningen, 2020.
- Knutsen, H., Mæhlum, T., Haarstad, K., Slinde, G.A., Arp, H.P.H., 2019. Kort- og langkjedete per- og polyfluoralkyl (PFAS) forbindelser i norske deponier.
- Ma, J., Zhu, H., Kannan, K., 2020. Fecal Excretion of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in Pets from New York State, United States. *Environ. Sci. Technol. Lett.* <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.9b00786>
- Multiconsult, 2018. Overvåkingsprogram for sigevann, grunnvann og overflatevann 2018 - 2022 (No. 10201179- RIGm- NOT- 001).
- Multiconsult, N., 2001. Grunnundersøkelser, overvåkningsbrønner.
- NGI, 2017. Oppdatering og utarbeidelse av nye normverdier for forurenset grunn (No. 20160648- 03-R). Norwegian Geotechnical Institute.
- NGI, 2012. Miljøgifter i sigevann fra avfallsdeponier i Norge. Hovedrapport. Data fra perioden 2006–2010. (No. TA-2978/2012).
- NGU løsmassedatabase, 2019. Nasjonal løsmassedatabase [WWW Document]. Nasjonal løsmassedatabase. URL <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/> (accessed 6.21.19).
- Sea Eco, 2018. Overvåkningsprogram Stormoen deponi 2018 - Trender for sigevann og resipient.
- SFT TA-1995|2003, 2003. Veileder om miljørisikovurdering av bunntetting og oppsamling av sigevann ved deponier (No. TA-1995/2003). Statens forurensningstilsyn.
- SFT TA-2075|2005, 2005. Sammenstilling av resultater fra screening-analyser av sigevann fra avfallsfyllinger (No. TA 2075/2005). Statens forurensningstilsyn.
- SFT TA-2077|2005, 2005. Veileder om overvåking av sigevann fra avfallsdeponier (No. TA-2077/2005). Statens forurensningstilsyn.
- SFT TA-2553|2009, 2009. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (No. TA-2553/2009). Statens forurensningstilsyn.
- Vanndirektivet, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann (No. 02:2018). Direktoratgruppen for gjennomføringen av vannforskriften.
- WHO, 2018. Drinking Water Parameter Cooperation Project Support to the revision of Annex I Council Directive 98/83/EC on the Quality of Water Intended for Human Consumption (Drinking Water Directive). World Health Organization, Bonn.

Opphavs- og ansvarsrett

Sea Eco har utarbeidet denne rapport for utelukkende bruk av Perpetuum Circuli AS («kunde») i samsvar med vilkårene og avtalebetingelsene (Prosjektnummer: Stormoen Deponiovervåkning_SE19-30). Ingen annen garanti, uttrykt eller underforstått, er gjort med hensyn til det faglige råd som inngår i denne rapporten eller andre tjenester levert av Sea Eco. Denne rapporten kan ikke påropes av noen annen part uten tidligere eller eksplisitt skriftlig avtale fra Sea Eco.

Hvor eventuelle konklusjoner og anbefalinger i denne rapporten er basert på informasjon gitt av andre, har det blitt antatt at all relevant informasjon har blitt gitt slik at informasjon er nøyaktig. Enhver slik informasjon som er oppnådd av Sea Eco har ikke vært uavhengig verifisert av Sea Eco, med mindre annet er oppgitt i rapporten. Sea Eco påtar seg intet ansvar for eventuelle unøyaktige konklusjoner, forutsetninger eller tiltak som er tatt som følge av unøyaktige informasjon levert til Sea Eco av andre.

Metoder og kilder som Sea Eco har benyttet for å tilby sine tjenester er beskrevet i denne rapporten. Arbeidet som er beskrevet i denne rapporten ble gjennomført mellom 01.01.2019 og 31.12.2019, og er basert på de tilstedeværende forhold og informasjonen som var tilgjengelig under nevnte tidsperiode. Omfanget av denne rapporten og tjenestene tilbydd er derfor begrenset av dette. Sea Eco frasier seg enhver forpliktelse til å gi råd til enhver person av noen endring av noen art som påvirker rapporten, som kan komme eller bli brakt til Sea Eco's oppmerksomhet etter dato for denne rapport.

Undersøkelsen i seg selv ble utformet generelt for å oppfylle målene for undersøkelsen, som definert av Miljødirektoratets veileder for Helsebaserte tilstander og NS NS-ISO 10381 med delkapitler samt flere andre sentrale veiledere. Som en hovedundersøkelse kan resultatene ikke gi tilstrekkelig data for å gjøre detaljert anslag på mengder involvert i eventuelt reparasjonsarbeid, om nødvendig.

Meningene som er uttrykt i denne rapporten angående eventuelle forurensinger og risikoen som oppstår på bakgrunn av den er basert på gjeldene god praksis, enkel statistisk vurdering, sammenligning med tilgjengelige veiledningsverdier, Sea Eco's vurderingskriterier og andre veiledningsverdier. Det skal bemerkes at virkningen av grunn- og vannbåren forurensning på miljøet er under kontinuerlig vurdering, og autoritative veiledningsverdier kan potensielt endres. De konklusjonene som presenteres i denne rapporten er basert på veiledningsverdiene som var tilgjengelige på det tidspunktet denne rapporten var utarbeidet, men ingen ansvar fra Sea Eco kan aksepteres for eventuelle tilbakevirkende effekter av endringer av disse verdiene.

Vurderinger av arbeid eller kostnader som er identifisert i denne rapporten er basert på informasjonen tilgjengelig på tidspunktet. Visse uttalelser i rapporten som ikke er historiske fakta kan utgjøre estimer, prognoser eller andre fremadrettede uttalelser, og selv om de er basert på rimelige antagelser fra dato for rapporten, innebærer slike fremadrettede uttalelser av deres natur risikoer og usikkerhet som kan føre til at de faktiske resultatene avviker vesentlig fra de forventede resultatene. Sea Eco garanterer derfor ikke noen spesifikt estimat eller framskrivninger i denne rapporten.

Sea Eco har opphavsrett til denne rapporten. Uautorisert reproduksjon eller bruk av noen person annet enn adressaten er ikke tillat.

Logg for arbeid og korrespondanse

Logg som viser korrespondanse og avtaler i kronologisk rekkefølge nedover sammen med medietype og ansvarlig beslutningstaker.

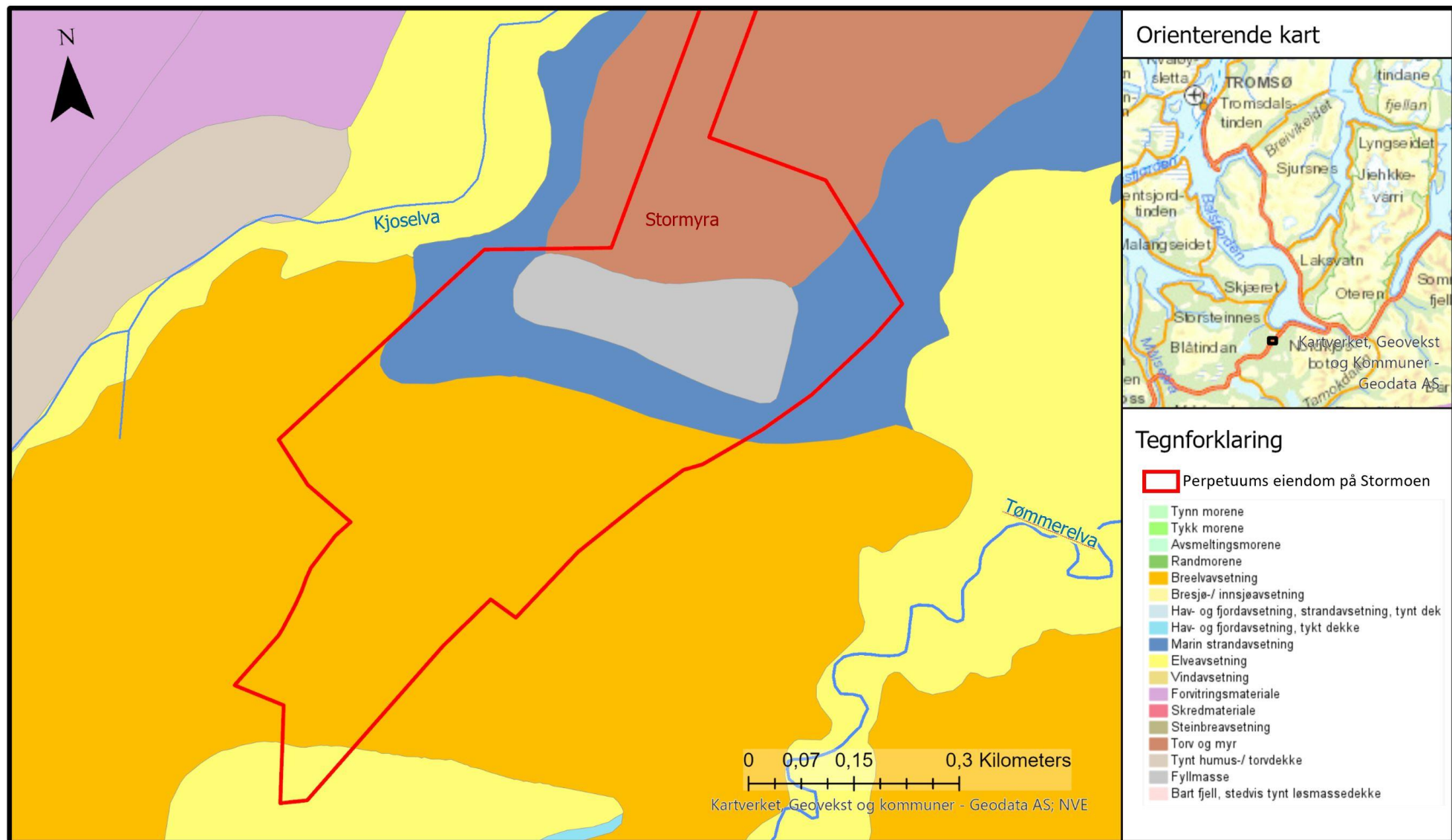
Dato	Korrespondanse, avtaler, ordre etc.	Kanal	Beslutningstaker
13.12.2019	Oppstartsmøte- rapport utkast, tidsbruk og arbeidsfordeling	M	MHM, EBH, AW
07.01.2020	Start rapportskriving		AW, EBH
31.01.2020	Statusmøte overvåkningsrapport – gjennomgang av utstående arbeid	M	MHM, AW, EBH
10.02.2020	Ferdigstilling og oversendelse av rapporten til gjennomlesning av kunden, versjonsnummer SE20-30_01	E	AW, EBH
12.02.2020	Statusmøte overvåkningsrapport	M	MHM, AW, EBH
20.02.2020	Oversendelse av rapporten etter gjennomlesning med kommentarer fra John Barlindhaug (Perpetuum) til Sea Eco	E	MHM
27.02.2020	Mottak av reviderte deponigasskapittel fra Perpetuum	E	MHM
27.02.2020	Ferdigstilling og oversendelse av den endelige versjonen SE20-30_02	E	AW, EBH
13.03.2020	Oppretting av noen små anmerkninger etter gjennomlesning av John Barlindhaug (Perpetuum) (ikke nytt revisjonsnummer).	E	AW
16.03.2020	Oppretting av noen små anmerkninger etter gjennomlesning Robin Gout (Perpetuum) (ikke nytt revisjonsnummer).	E	AW
Kanal: E: e-post M: muntlig SMS: SMS B: brev P: prosedyre R: rapport			
Initialer: MHM: Merrick Hartness Mordal, EBH: Ellinore Bjørk Haverl, AW: Anne Wenke			

VEDLEGG

Vedlegg I PRØVETAKINGSPLAN

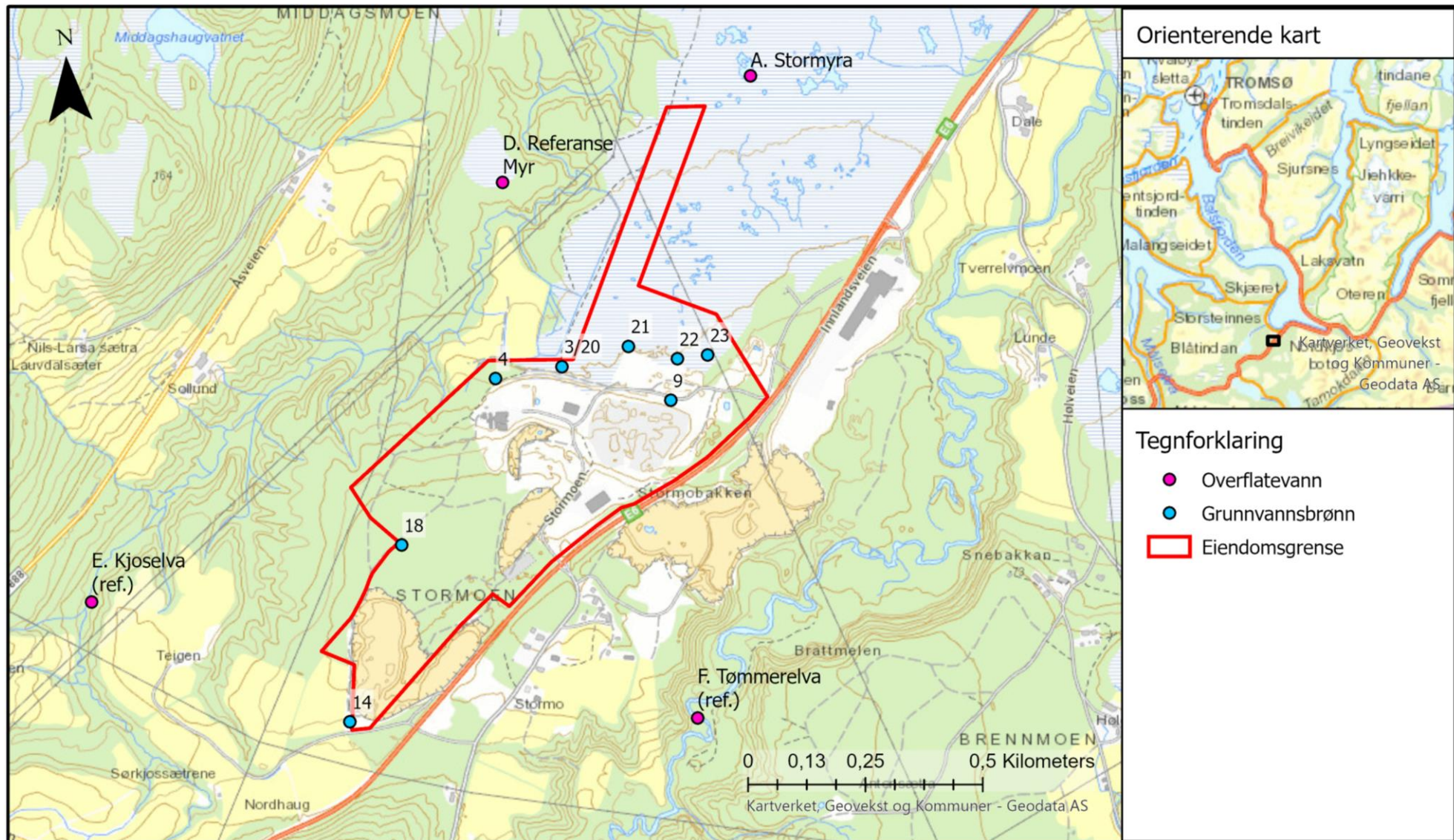
eurofins		PRØVETAKINGSPLAN FOR Perpetuum Circuli AS (MM0006452, ORGNUMMER: 984118848 MVA) - Stormoen avfallsdeponi (OSO)																																																				Sist oppdatert dato: 21.01.2020 12.52.06							
Periode: 01.01.2020 - 31.12.2020		Ukedag for levering:																																																											
	Temperatur	Januar					Februar					Mars					April					Mai					Juni					Juli					August					September					Oktober					November					Desember				
Prøvepunkt		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53							
Sigevann før luftebasseng						A1														A1							A2															A1																			
Sigevann etter luftebasseng						A1														A1							A2															A1																			
Før rensetrinn, PFAS deponicelle				B1		B1					B1				B1					B1					B1			B1							B1			B1						B2				B1													
Mellom rensetrinn, PFAS deponicelle				B1		B1					B1				B1					B1					B1			B1						B1			B1							B1				B1													
Etter rensetrinn, PFAS deponicelle				B1		B1					B1				B1					B1					B1			B1						B1			B1								B2				B1												
Før rensetrinn, Metallforurensede FA-masser				C1		C1					C1				C1					C1					C1			C1						C1			C1							C1				C1													
Etter rensetrinn, Metallforurensede FA-masser				C1		C1					C1				C1					C1					C1			C1						C1			C1								C1				C1												
Sigevannssediment																											D1																																		
Brønn 14						E1														E1							E3															E2																			
Brønn 18						E1														E1							E3															E2																			
Brønn 4						E1														E1							E3															E2																			
Brønn 9						E1														E1							E3															E2																			
Brønn 20						E1														E1							E3															E2																			
Brønn 21						E1														E1							E3															E2																			
Brønn 22						E1														E1							E3															E2																			
Brønn 23						E1														E1							E3															E2																			
Oppstrøms Kjoselva																				F1							F2															F1																			
Oppstrøms Tømmerelva																				F1							F2															F1																			
Oppstrøms Stormyra																				F1							F2															F1																			
Nedstrøms Kjoselva																				F1							F2															F1																			
Nedstrøms Tømmerelva																				F1							F2															F1																			
Nedstrøms Stormyra																				F1							F2															F1																			

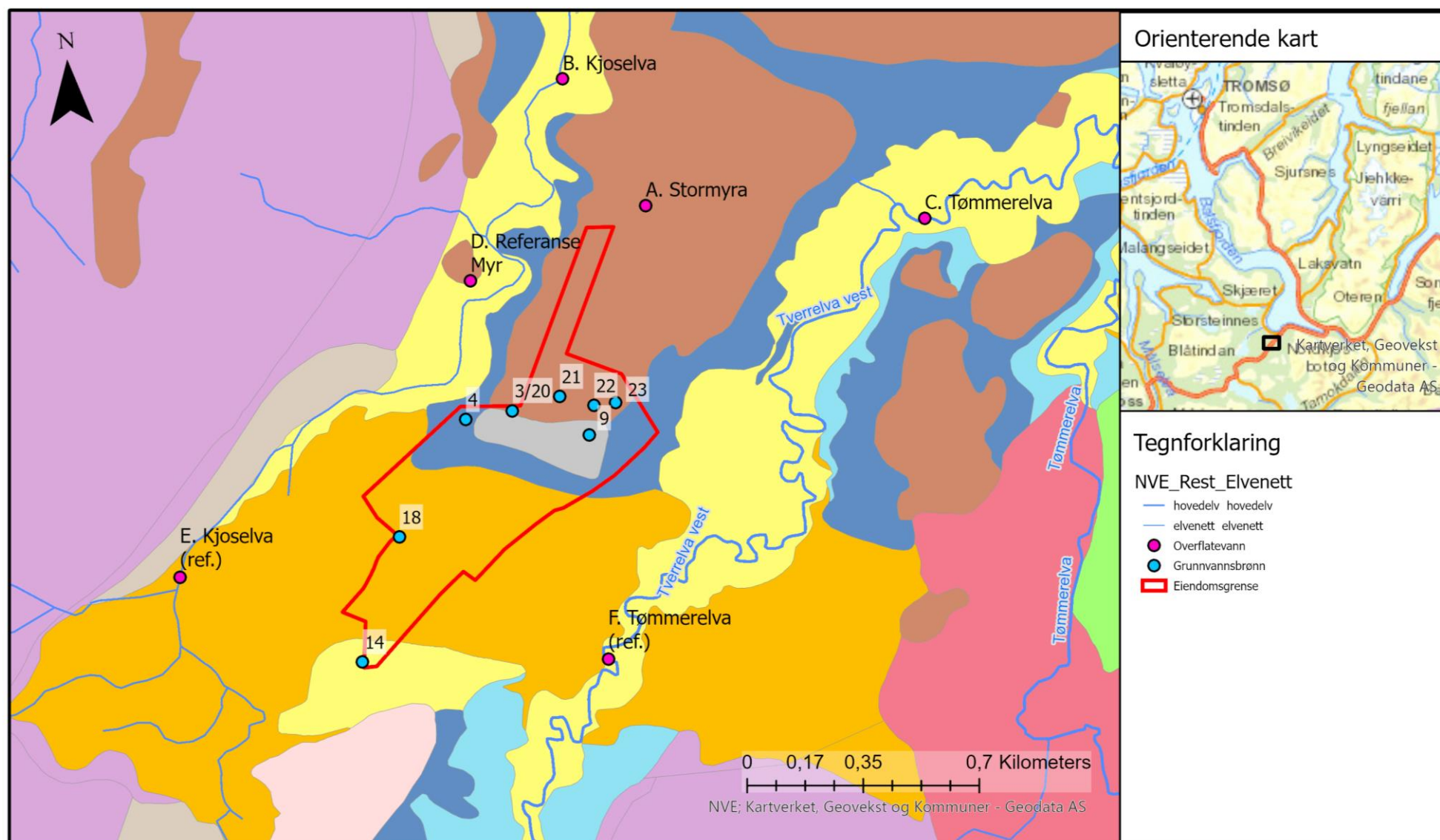
Kontrollidetalljer		
E1=E1. Grunnvann, eksl. E.coli	1 stk Brun glassflaske til Hg	
E2=E2. Grunnvann, inkl. E.coli	1 stk Brun glassflaske til Hg (MM_FB_62) 1 stk Plastflaske 1000 ml (MM_FB_36) 1 stk Steril m/tiosulfat 500ml (MM_FB_27)	Kadmium (Cd), filtrert (SLM30), Sink (Zn), filtrert (SLM37), Løst organisk karbon (DOC) (MM152), Klorid (Cl) (MM509), Arsen (As), filtrert (SLM27), Total Fosfor løst (µg/l) TP-L (MM516), Bly (Pb), filtrert (SLM28), Mangan (Mn), filtrert (SLM33), Prep.test metaller (filtrert) (MM121), Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C) (MM149), Krom (Cr), filtrert (SLM32), Jern (Fe), filtrert (SLM29), Ammonium (NH4-N) (MM126), Filtrering (Næringssalter) urent vann (MM551), BOF 5D LØST (MM130), Kvikksølv (Hg), filtrert (MM324), KOFCr LØST (30 mg/l) (MM142), E. coli (vann) <1 >100 /100 ml (UMQIV), pH målt ved 23 +/- 2°C (MM164), Antimon (Sb), filtrert (SLM26), Nikkel (Ni), filtrert (SLM35), Grunnpris analyse ICP-MS (filtrert) (SL589), Kobber (Cu), filtrert (SLM31), Total Nitrogen, løst (µg/l) TN-L (MM520)
E3=E3. Grunnvann, inkl. E.coli og PFAS	1 stk Brun glassflaske til Hg (MM_FB_62) 1 stk Plastflaske 1000 ml (MM_FB_36) 1 stk Steril m/tiosulfat 500ml (MM_FB_27) 2 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09)	BOF 5D LØST (MM130), Filtrering (Næringssalter) urent vann (MM551), Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C) (MM149), Kvikksølv (Hg), filtrert (MM324), Jern (Fe), filtrert (SLM29), Krom (Cr), filtrert (SLM32), Bly (Pb), filtrert (SLM28), Ammonium (NH4-N) (MM126), Arsen (As), filtrert (SLM27), Mangan (Mn), filtrert (SLM33), Total Fosfor løst (µg/l) TP-L (MM516), PFAS 26 (vann) (PLWAE), Løst organisk karbon (DOC) (MM152), Prep.test metaller (filtrert) (MM121), Kadmium (Cd), filtrert (SLM30), PFAS (30) TOP - Vann (PLWLU), Sink (Zn), filtrert (SLM37), E. coli (vann) <1 >100 /100 ml (UMQIV), Grunnpris analyse ICP-MS (filtrert) (SL589), Klorid (Cl) (MM509), Nikkel (Ni), filtrert (SLM35), Kobber (Cu), filtrert (SLM31), Total Nitrogen, løst (µg/l) TN-L (MM520), KOFCr LØST (30 mg/l) (MM142), Antimon (Sb), filtrert (SLM26), pH målt ved 23 +/- 2°C (MM164)
C1=C1. Stormoen, Skytebane-celle	1 stk Brun glassflaske til Hg (MM_FB_62) 1 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09)	Kadmium (Cd), oppsluttet (SLM44), Sink (Zn), oppsluttet (SLM52), Grunnpris analyse ICP-MS (oppsluttet) (SL590), Mangan (Mn), oppsluttet (SLM48), Arsen (As), oppsluttet (SLM41), Total organisk karbon (TOC/NPOC) (MM170), Kvikksølv (Hg), oppsluttet (SLM66), Krom (Cr), oppsluttet (SLM47), pH målt ved 23 +/- 2°C (MM164), Bly (Pb), oppsluttet (SLM42), Nikkel (Ni), oppsluttet (SLM50), Kobber (Cu), oppsluttet (SLM45), Jern (Fe), oppsluttet (SLM43), Antimon (Sb), oppsluttet (SLM40)
B1=B1. Stormoen, PFAS-celle, Liten PFAS	1 stk Brun glassflaske til Hg (MM_FB_62) 1 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09) 2 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09)	Total organisk karbon (TOC/NPOC) (MM170), Mangan (Mn), oppsluttet (SLM48), Bly (Pb), oppsluttet (SLM42), Antimon (Sb), oppsluttet (SLM40), Jern (Fe), oppsluttet (SLM43), Krom (Cr), oppsluttet (SLM47), PFAS 26 (vann) (PLWAE), pH målt ved 23 +/- 2°C (MM164), Kvikksølv (Hg), oppsluttet (SLM66), Kobber (Cu), oppsluttet (SLM45), Nikkel (Ni), oppsluttet (SLM50), Sink (Zn), oppsluttet (SLM52), Kadmium (Cd), oppsluttet (SLM44), Arsen (As), oppsluttet (SLM41), Grunnpris analyse ICP-MS (oppsluttet) (SL590)
B2=B2. Stormoen, PFAS-celle, Stor PFAS	1 stk Brun glassflaske til Hg (MM_FB_62) 1 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09) 2 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09)	Nikkel (Ni), oppsluttet (SLM50), Antimon (Sb), oppsluttet (SLM40), Kobber (Cu), oppsluttet (SLM45), Kvikksølv (Hg), oppsluttet (SLM66), PFAS (30) TOP - Vann (PLWLU), PFAS (33) i vann (PLWAF), Krom (Cr), oppsluttet (SLM47), Jern (Fe), oppsluttet (SLM43), pH målt ved 23 +/- 2°C (MM164), Mangan (Mn), oppsluttet (SLM48), Total organisk karbon (TOC/NPOC) (MM170), Fluortelomerkalkoholer i vann (PLWAG), Bly (Pb), oppsluttet (SLM42), Arsen (As), oppsluttet (SLM41), Kadmium (Cd), oppsluttet (SLM44), Sink (Zn), oppsluttet (SLM52), Grunnpris analyse ICP-MS (oppsluttet) (SL590)
F1=F1. Overflatevann, liten	1 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09)	Klorid (Cl) (MM509), Mangan (Mn), filtrert (SLM33), Ammonium (NH4-N) (MM126), Jern (Fe), filtrert (SLM29), Grunnpris analyse ICP-MS (filtrert) (SL589), Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C) (MM149), Filtrering (Næringssalter) urent vann (MM551), Total Nitrogen, løst (µg/l) TN-L (MM520), pH målt ved 23 +/- 2°C (MM164), Løst organisk karbon (DOC) (MM152), Total Fosfor løst (µg/l) TP-L (MM516)
F2=F2. Overflatevann, utvidet	1 stk Brun glassflaske til Hg (MM_FB_62) 1 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09) 1 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09)	Nikkel (Ni), filtrert (SLM35), Filtrering (Næringssalter) urent vann (MM551), Kobber (Cu), filtrert (SLM31), Konduktivitet ved 25°C (målt ved 23 +/- 2°C) (MM149), Jern (Fe), filtrert (SLM29), Mangan (Mn), filtrert (SLM33), Klorid (Cl) (MM509), Kvikksølv (Hg), filtrert (MM324), Krom (Cr), filtrert (SLM32), Bly (Pb), filtrert (SLM28), Ammonium (NH4-N) (MM126), Arsen (As), filtrert (SLM27), Total Fosfor løst (µg/l) TP-L (MM516), Kadmium (Cd), filtrert (SLM30), Løst organisk karbon (DOC) (MM152), PFAS (30) TOP - Vann (PLWLU), pH målt ved 23 +/- 2°C (MM164), Prep.test metaller (filtrert) (MM121), Grunnpris analyse ICP-MS (filtrert) (SL589), Total Nitrogen, løst (µg/l) TN-L (MM520), Sink (Zn), filtrert (SLM37), PFAS 26 (vann) (PLWAE), Antimon (Sb), filtrert (SLM26)
A1=A1. Stormoen, luftebasseng kvartalsvis, Liten PFAS	1 stk Brun glassflaske til Hg (MM_FB_62) 1 stk Plastic bottle 250ml (MM_FB_51) 2 stk Glassflaske 1000 ml (MM_IB_24) 2 stk Plastflaske 1000 ml (MM_FB_36) 2 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09)	PFAS 26 (vann) (PLWAE), Grunnpris analyse ICP-MS (oppsluttet) (SL590), Antimon (Sb), oppsluttet (SLM40), Sigevann, kvartalsvis (PMM71)
A2=A2. Stormoen, luftebasseng kvartalsvis, Stor PFAS	1 stk Brun glassflaske til Hg (MM_FB_62) 1 stk Plastic bottle 250ml (MM_FB_51) 2 stk Glassflaske 1000 ml (MM_IB_24) 2 stk Plastflaske 1000 ml (MM_FB_36) 2 stk Plastflaske 500 ml (MM_FB_09)	Grunnpris analyse ICP-MS (oppsluttet) (SL590), Sigevann, kvartalsvis (PMM71), PFAS (33) i vann (PLWAF), Antimon (Sb), oppsluttet (SLM40), Fluortelomerkalkoholer i vann (PLWAG)
D1=D1. Stormoen, Sigevannsediment	1 stk Rilsan bag (MM_FB_68)	Tørrstoff i jord (SL249), PFAS (30) i jord (PLWNO), Mineralolje (C10-C40) (MX501), Antimon (Sb) (SLV51), Mangan (Mn) (SLM87), Kadmium (Cd) Premium LOQ (SLN03), PAH(16) Premium LOQ (SLV96), Sink (Zn) - ICP-MS jord (SLU41), Totalt organisk karbon (TOC) (LSKSM), Prep.test grunnstoff (SLM67), Arsen (As) Premium LOQ (SLN06), Fysiokjemisk prøveopparbeiding (< 2mm) (LS920), Kobber (Cu) (SLU37), Jern (Fe) (SLM80), Grunnpris analyse ICP-MS (SLM69), Prep.test Hg (SLM68), Nikkel (Ni) (SLU39), PCB(7) Premium LOQ (SLV78), Pristest multimetod jord (SLN41), Kvikksølv (Hg) Premium LOQ (SLM99), Krom (Cr) (SLU38), Kornstørrelse < 63 µm (LSG3X), Bly (Pb) Premium LOQ (SLN05)























Vannbalanse for Perpetuum sine deponi på Stormoen, 2019

Perpetuum Circuli AS skal for hvert kalenderår gjøre en beregning av vannbalansen for sine deponier. Rapporten tar utgangspunkt i 52 uker, som vil si frem til og med søndag 29. desember. Det vil si at årets 2 siste dager blir inkludert i uke 1 i 2020.



I 2014 ble det installert egen nedbørsmåler på Stormoen, men månedsnedbør ble først registrert de siste 3 månedene i 2014. Til og med 2014 er derfor nedbørsdata for Bardufoss benyttet i vannbalanseregnskapet. Fra og med 2015 oppnås derfor større nøyaktighet ved at lokale nedbørsdata legges til grunn.

I 2014 (uke 38) ble det også installert elektromagnetisk mengdemåling av sigevann, mens det tidligere ble gjort kalkulasjoner basert på gangtid på pumper. Det er antatt at man hadde betydelige feilkilder i tilknytning til tidligere estimerer på sigevannsmengder, slik at også på dette punktet må vannbalansen antas å få betydelig økt nøyaktighet fra og med 2015.

Vannbalansen for et deponi beskrives av følgende formel:

$$Q_{inn} = Q_{ut}$$

Q_{inn} = Nedbør som treffer deponioverflaten + Vanninnhold i avfall + innsig av grunnvann, uavskjærte bekker og annet overflatevann +/- vannomsetning i deponiet

Q_{ut} = Fordampning + kontrollerte utslipp av sigevann fra deponiet +/- vannomsetning i deponiet + diffuse utslipp

Alle delmengdene som inngår ovenfor kan måles, beregnes eller estimeres. Diffuse utslipp ($\Delta S_{diffust}$) fremkommer da som den størrelsen som må til for å balansere ligningen, og bør ikke utgjøre mer enn 5%.

Q_{inn} : Vann som tilføres deponiet

Vann som tilføres deponiet og dermed bidrar til å frembringe sigevann, kan ha prinsipielt ha ulikt opphav:

1. Nedbør som faller på det bunnfestede overflatearealet
2. Overflatevann som renner inn i det bunnfestede deponiområdet
3. Snødrift (kan virke begge veier avhengig av topografi og vindforhold)
4. Lekkasje av grunnvann inn gjennom en utett bunnfetting
5. Vann som følger med deponert avfall



Nedbør

Mengde vann tilført deponiet i form av nedbør, er en funksjon av mengde nedbør over året og nedslagsfeltets areal (deponiareal).

For å beholde en referanse bakover til tidligere år, har vi beholdt data tilbake til 2014 i tabellen nedenfor. I 2015 og 2016 er både data fra Bardufoss og Stormoen notert, som sammenligning. Fra og med 2015 er det i prinsippet bare målinger fra egen vannmåler på Stormoen som benyttes til beregning av vannbalanse det enkelte år. Det var imidlertid noen tekniske problemer med nedbørmåleren i 2018 fra januar til april. Tall fra Bardufoss ble benyttet i denne perioden, med antagelse at Stormoen får 60% av nedbøren på Bardufoss på grunn av vinteren. I 2019 var det var noen tekniske problemer med nedbørmåleren fra mars til mai. Det er her antatt 100% av nedbør på Bardufoss. Dette på bakgrunn av at vi har registrert i våre historiske data, at forskjellen i nedbør mellom Bardufoss og Stormoen er minimal i denne perioden av året.

2

En mulig feilkilde vi ikke tidligere har tenkt på, er at måleren på Stormoen står på et relativt vindutsatt sted. Nedbør og da spesielt snø, kan kanskje dermed bli «blåst av» slik at registreringen blir feil. Vi vet at Stormoen er nedbørsfattig sammenlignet med mange andre steder i regionen, men kan ikke utelukke at vind kan være en forsterkende effekt på det at vi måler betydelig mye mindre nedbørsmengder på vinteren på Stormoen, sammenlignet med Bardufoss og andre værstasjoner i regionen (Tamokdalen og Malangen). Til våren 2020 er det planlagt å flytte stasjonen ned til gassanlegget hvor det er mindre vind. Dette tiltaket bør redusere/eliminere en mulig feilkilde knyttet til vind.

	Nedbør Bardufoss	Nedbør Stormoen	Forholdet Stormoen/Bardufoss
2014	592,2 mm		I snitt for periode med felles måling har Stormoen 60,7% av nedbøren Bardufoss
2015	691,1 mm	427,3 mm	61,8%
2016	655,0 mm	368,5 mm	56,3%
2017		478,6 mm	
2018	651,2 mm	400,6 mm	For noen målepunkt i 2018 der vi hadde teknisk problem med nedbørmåleren på Stormoen om vinteren, er det antatt 60% av nedbør på Bardufoss
2019	738,4 mm	526,6 mm	For noen målepunkt i 2019 (mars -mai) der vi hadde teknisk problem med nedbørmåleren på Stormoen, er det antatt 100% av nedbør på Bardufoss (ref. forklaring ovenfor)

Bunntett deponiareal for Celle 1 er beregnet til 13.310 m². For Celle 2 ble det i august 2013 føyd på en liten bit membran lengst bak i deponiet, i retning administrasjonsbygget. Etter denne utvidelsen var nedbørsarealet i Celle 2 på 33.970 m², og totalt brutto areal for celle 1+2 på 47.280 m².

Perpetuum Circuli AS
9050 Storsteinnes

Telefon: +47 41 41 68 12
Telefax: +47 77 72 57 01
E-post: balsfjord@perpetuum.no

www.perpetuum.no
Org. Nr. NO 984 118 848 MVA
Bank: 7560.06.98494



Fra ca 1. desember 2018 ble nytt trinn 3 i celle 2 koblet inn på sigevannssystemet. Dette arealet er tatt inn med i kalkulasjonen for vannbalanse for 2019. Trinn 3 består av 3 deltrinn med følgende nedbørsareal:

Celle PF (3A):	7.497 m ²
Deltrinn 3B:	6.444 m ²
Celle MF (3C):	9.105 m ²
Sum trinn 3:	23.046 m ²

3

Det nye trinn 3 overlapper imidlertid trinn 2 med 5.185 m² (den ene sidekanten i trinn 3 går inn over trinn 2), slik at totalarealet for hele celle 2 øker bare med 17.861 m².

Deltrinn 3B er imidlertid ikke tatt i bruk og sigevannet fra dette deltrinnet blir foreløpig ikke tatt inn i sigevannsbehandlings-systemet. Dermed må man frem til dette deltrinnet tas i bruk, trekke fra 6.444 m² når man ser på faktisk nedbørsfelt. Fra 2019 vil dermed totalt brutto areal for celle 1 + 2 bli 58.698 m².

Et forhold som må tas hensyn til er eventuelle tette deponioverflater som leder nedbøren ut av bunntettet deponiareal, og dermed ikke bidrar til å generere sigevann.

I både Celle 1 og Celle 2 er det utført en del tetting av fyllingsfrontene, ved at det her er lagt rimelig tette masser i en topptetningskonstruksjon. Vi har ikke nøyaktige arealmål på disse arealene, og det er heller ikke slik at disse fyllingsfrontene nødvendigvis er 100% tett. Tetting av fronten i celle 2 går i stor grad heller ikke helt ut til kanten av bunntettingen, slik at vannet likevel kommer inn i sigevannet. Det vil da renne av på toppen ned fyllingsfronten, men penetrere deponiet og komme inn i sigevannet helt ute ved kanten av bunntettingen. Effekten med at vann ledes ut av deponiet er derfor foreløpig mest aktuell for fyllingsfronten på celle 1.

Vi beholder samme areal tette flater som i fjor, da vi ikke økt arealet med tette fyllingsfronter. Det trekkes derfor i fra et areal på 2.250 m² fra brutto til netto areal.

Tabellen nedenfor angir da antatt brutto og netto deponiareal som mottar nedbør i de aktuelle årene. Også her beholdes tallene tilbake til 2014, som referanse, mens det er tallet for årets tall som benyttes for årets kalkulasjon.

	Brutto areal (Celle 1 + Celle 2)	Netto areal (Celle 1 + Celle 2)
2014	47.280 m ²	45.030 m ²
2015	47.280 m ²	45.030 m ²
2016	47.280 m ²	45.030 m ²
2017	47.280 m ²	45.030 m ²
2018	47.280 m ²	45.030 m ²
2019	58.698 m ²	56 447 m ²

Når det gjelder det nye trinn 3 i deponicelle 2, som ble koblet til sigevannssystemet ca 1. desember 2018, så har vi valgt å ikke ta med dette i kalkulasjonene av vannbalansen for 2018. Det er først tatt inn nå i 2019.

Ut fra overnevnte får vi følgende vannmengder tilført deponiet direkte via nedbør:

Perpetuum Circuli AS
9050 Storsteinnes

Telefon: +47 41 41 68 12
Telefax: +47 77 72 57 01
E-post: balsfjord@perpetuum.no

www.perpetuum.no
Org. Nr. NO 984 118 848 MVA
Bank: 7560.06.98494



	Tilført vann	Nedbørsdata
2014	26.667 m ³	Bardufoss
2015	19.241 m ³	Stormoen
2016	16.594 m ³	Stormoen
2017	21.551 m ³	Stormoen
2018	18.039 m ³	Stormoen
2019	29.725 m³	Stormoen



Overflatevann

Vi mener at vi på Stormoen har god kontroll på overflatevann i området, slik at vann som renner fra arealer utenfor deponiet og inn på deponiområdet, utgjør et svært lite problem. Dette bidraget mener vi derfor kan antas tilnærmet lik null.

Snødrift

Snø kan blåse både inn på et areal og ut av et areal. Dette vil primært være avhengig av topografiske forhold og vindforhold. På Stormoen er det grunn til å anta at noe mer snø vil blåse inn på deponiet enn ut fra dette.

En annen ting som kan spille inn, er at kjøring med maskiner inne på deponiet stabiliserer snøen som ligger her. Snø som kommer inn hit på deponiet vil kanskje derfor i enda større grad ikke blåse bort igjen. Varmen som utvikles i deponiet kan også føre til at noe mer snø smelter her enn på arealer utenfor. Dette kan også bidra til at snø som først er kommet inn på deponiet ikke blåser bort igjen.

I sum mener vi derfor at det er sannsynlig at nettoeffekten av snødrift øker tilfanget av nedbør inne på deponiet i forhold til utenfor deponiet. Hvor stort et slikt bidrag kan være over året er vanskelig å anslå. Et estimat kan være en vannmengde tilsvarende 15% av nedbøren som faller på deponiarealet i perioden november-april.

	Nedbør Nov-April	Vann tilført med snødrift
2014	369,2 mm	2.494 m ³
2015	204,8 mm	1.383 m ³
2016	143,8 mm	971 m ³
2017	235,2 mm	1.589 m ³
2018	132 mm	892 m ³
2019	279,1 mm	2.363 m³

Lekkasje gjennom bunntettingen

Begge våre deponier (Celle 1 og Celle 2) ligger over grunnvannsspeilet i umettet sone. Eventuelle hull i bunntettingene vil derfor med langt større sannsynlighet føre til at sigevann lekker ut av deponiet, og ikke til at grunnvann trenger inn i deponiet.

Perpetuum Circuli AS
9050 Storsteinnes

Telefon: +47 41 41 68 12
Telefax: +47 77 72 57 01
E-post: balsfjord@perpetuum.no

www.perpetuum.no
Org. Nr. NO 984 118 848 MVA
Bank: 7560.06.98494



Det er ingen ting som tyder på at vi har lekkasje hverken inne eller ut av bunntettingen på våre to deponier.

I Celle 2 har vi også dobbel bunntetting med lekkasjedeteksjon mellom de to bunntettingene, slik at her kan vi med stor sikkerhet fastslå at man ikke har noen lekkasje.



Økt vannmengde på grunn av avfallet

Avfall som deponeres på et deponi kan i prinsippet inneholde så mye vann at dette kan bidra til sigevannsproduksjon. I dype deponier kan man også få en effekt av at setninger/trykket som avfallsets utsettes for presser vann ut av avfallet. (Vann som følger med avfallet, men som ikke frigis i deponiet, regnes da ikke som "vann tilført")

Da det ikke er lov å deponere vått avfall eller organisk avfall, er imidlertid det motsatt mer sannsynlig, nemlig at avfall som deponeres har en kapasitet til å binde opp vann og dermed redusere sigevannsproduksjonen.

Man kan også ved eventuelle aerobe biologiske prosesser i deponiet få frigivelse av vann. Da mengden organisk avfall i deponiene er redusert, samt da man i et deponi primært vil ha anaerobe prosesser, vil et slikt bidrag være neglisjerbart.

Det antas derfor null når det gjelder positivt bidrag av vann fra avfallet.

Oppsummering for Q_{inn}

Oppsummert for Q_{inn} har vi da:

	Vann direkte fra nedbør	Vann tilført m/ overflatevann eller lekkasje i bunntetting	Vann tilført med snødrift	Vann tilført med avfallet eller grunnet prosesser i avf.	Sum vann tilført deponiet Q_{inn}
2014	26.667 m ³	0 m ³	2.494 m ³	0 m ³	29.161 m ³
2015	19.241 m ³	0 m ³	1.383 m ³	0 m ³	20.625 m ³
2016	16.594 m ³	0 m ³	971 m ³	0 m ³	17.565 m ³
2017	21.551 m ³	0 m ³	1.589 m ³	0 m ³	23.140 m ³
2018	18.039 m ³	0 m ³	892 m ³	0 m ³	18.931 m ³
2019	29.725 m³	0 m³	2.363 m³	0 m³	32.088 m³



Qut: Vann som tas ut av deponiet eller bindes i deponiet

Vann som tas ut av deponiet må balansere med vann som tilføres deponiet. Tilført vann som eventuelt bindes i deponiet og ikke lengre kan bidra til sigevannsprroduksjon, regnes da som «tatt ut». Vannet har da følgende veier «ut av deponiet»:

1. Fordampning fra deponioverflaten
2. Kontrollert uttak av sigevann
3. Vann som bindes i deponert avfall
4. Ukontrollerte diffuse utslipp



Fordampning

Ved beregning av vannbalanse må det tas hensyn til fordampning fra deponioverflaten. Ulik litteratur beskriver mange ulike mekanismer som påvirker fordampningen, herunder: temperatur, luftfuktighet, solinnstråling, vind og tilgjengelig fukt i jordoverflaten.

Det finnes en rekke ulike modeller der mange kun har temperatur som variabel, i tillegg til en del konstanter som er fremkommet empirisk. Slike modeller fungerer ofte bra for det området der det empiriske grunnlaget for konstantene er laget, mens man kan få store feil når modellen brukes et annet sted.

Blant disse har vi modellene Thornthwaite og Tamms formel, som de to som er nevnt i rettleddninger fra Miljødirektoratet.

Felles for alle disse modellene er at de er utviklet for terreng med vegetasjon, mens deponier i drift jo ikke har vegetasjon. Videre har man for deponier biologiske prosesser gående nede i deponiet som blant annet utvikler varme. Dette vil helt klart påvirke fordampningen i betydelig grad. Mange deponier, inkludert Stormoen, har også uttak av metangass, der det også tas ut betydelige mengder vanndamp.

Veileder fra Miljødirektoratet fra 2005 anbefaler at man for deponioverflater benytter 50-70% av verdien som fremkommer ved beregning etter Thornthwait eller Tamms formel. Hva slags beregninger/vurderinger/målinger som ligger til grunn for denne anbefalingen fremkommer ikke, men det må antas at dette er ment å ta hånd om en del av de spesielle forhold på et deponi, herunder mangel på vegetasjon. Siden 2005 har tilførselen av organisk stoff til deponiene blitt redusert, noe som må antas å dempe varmeutviklingen og fordampning på grunn av denne.

Andre kilder (Wigdel, 1982) anbefaler å bruke 200-400 mm/år for norske deponier, noe som har ført til at mange deponier benytter 300 mm som en fast størrelse for sine vannbalanse beregninger.

Etter at man på Stormoen installerte elektromagnetisk mengdemåling av sigevann og lokal nedbørmåler, er det anslaget på fordampning som står igjen som den største usikkerheten i beregningen. Dette har vi hatt en dialog med Fylkesmannen om. Frem til vi eventuelt får signaler fra Fylkesmannen/myndighetene om fortrukket metode, velger vi for Stormoen å benytte oss av en kalkulasjon etter Thornthwaits formel.

Som første steg i Thornthwaits formel, benyttes lokale temperaturdata som snitt-temperaturer pr

Perpetuum Circuli AS
9050 Storsteinnes

Telefon: +47 41 41 68 12
Telefax: +47 77 72 57 01
E-post: balsfjord@perpetuum.no

www.perpetuum.no
Org. Nr. NO 984 118 848 MVA
Bank: 7560.06.98494



måned. Når snitt-temperaturen en måned er på minussiden, må det settes 0 grader, da modellen ikke takler negative verdier.

Dernest benyttes data for antall timer solen er opp for den enkelte måned, på den aktuelle lokaliteten.

Når det gjelder reduksjonsfaktor i hht Miljødirektoratets veileder TA 2075/2005, benyttes 50%, som gir den største reduksjonen i det anbefalte intervallet. Denne må antas å ta opp i seg alle usikkerhetene rundt beregningen, herunder:

- Manglende vegetasjon på deponiet
- Varmeutvikling i deponiet (det regnes 0 fordampning med minusgrader, noe som helt sikkert er feil for deponier med egen varmeutvikling)
- Uttrekking av vann via metangassanlegg
- Tilgang på fuktighet i jorda (tørr jord kan ikke gi fordampning)
- Vind
- Luftfuktighet

I 2014, da man blant annet ikke hadde lokale temperaturdata, ble det antatt en fast verdi på 250 mm fordampning. Fra og med 2015 er overnevnte metode benyttet, slik at man i alle fall får med seg om det skjer relative endringer knyttet til variasjon i temperaturforhold.

	Netto deponi-areal	Antatt årlig Fordampning	Mengde vann Fordampet
2014	45.030 m ²	250 mm	11 258 m ³
2015	45.030 m ²	315,9 mm	14 227 m ³
2016	45.030 m ²	320,4 mm	14 428 m ³
2017	45.030 m ²	305,9 mm	13 774 m ³
2018	45.030 m ²	311,1 mm	14 008 m ³
2019	56.447 m²	292,5 mm	16 511 m³

Kontrollert uttak av sigevann

Elektromagnetisk måling av sigevann har vært i drift siden et stykke ut i 2014. Tidligere ble mengder basert på pumpetid, og der man også hadde en feilkilde knyttet til lekkasje i tilbakeslagsventil, slik at vann kunne bli pumpet flere ganger. Den elektromagnetiske måleren er programmert slik at vann som renner "feil vei" gjennom måleren trekkes i fra.

I perioden med elektromagnetiske målinger i 2014 viste disse i snitt 87% av estimatet som fremkom fra pumpetid. Fra 2015 har vi elektromagnetiske målinger gjennom hele året, og man ser at reell verdi fra måler ligger hele tiden lavere enn kalkulert verdi ut fra pumpetid. Vi ser imidlertid hvert år at de to grafene følger hverandre godt, noe som er en fin kontroll på at det ikke er noen alvorlige feilkilder ute og går. Avstanden mellom de to grafene varierer imidlertid noe fra år til år, noe som antas å skyldes at man har noe ulik andel lekkasje i pumpenes tilbakeslagsventil, slik at det varierer fra år til år hvor mye vann som må pumpes to ganger. Grafen nedenfor viser registrerte mengder gjennom hele 2019, med begge måleprinsipper, mens tabellen også viser

Perpetuum Circuli AS
9050 Storsteinnnes

Telefon: +47 41 41 68 12
Telefax: +47 77 72 57 01
E-post: balsfjord@perpetuum.no

www.perpetuum.no
Org. Nr. NO 984 118 848 MVA
Bank: 7560.06.98494

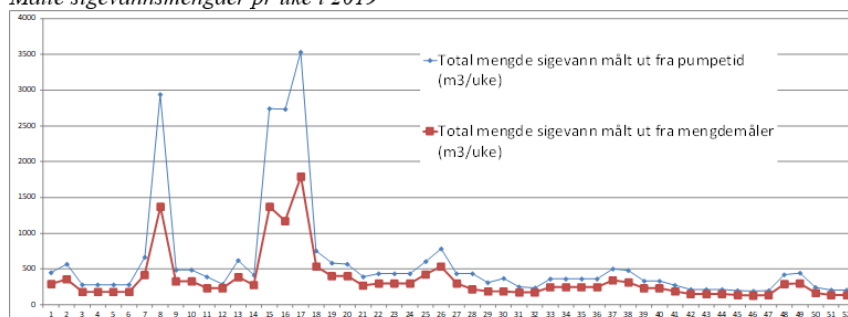


historiske tall. Det er målingene med den elektromagnetiske måleren som brukes i vannbalanseregnskapet (rød linje i grafen).

	Mengde beregnet etter pumpetid	Mengde målt elektromagnetisk
2014	11.359 m ³	9.882 m ³ (delvis målt, 87% antatt)
2015	13.389 m ³	10.734 m ³ (80% av pumpetidskalk.)
2016	11.967 m ³	7.970 m ³ (67% av pumpetidskalk.)
2017	21.110 m ³	10.758 m ³ (51% av pumpetidskalk.)
2018	14.200 m ³	7.664 m ³ (55% av pumpetidskalk.)
2019	30.555 m³	18.217 m³ (60% av pumpetidskalk.)

8

Målte sigevannsmengder pr uke i 2019



Vann som bindes i deponert avfall

Avfall som deponeres på et deponi kan i prinsippet både tilføre vann og binde vann. I kapittelet for Q_{inn} , har vi konkludert med at vi ikke antar noe positivt vannbidrag fra deponert avfall. Vi mener derimot at deponering av en del avfallsfraksjoner vil bidra til å binde opp vann, og dermed redusere sigevannsproduksjonen.

Anaerobe prosesser i deponiet vil også kunne binde vann, men bidraget fra dette antas å være så beskjedent at det ikke tas med her.

Ved deponering av tørt avfall vil avfallet ha en kapasitet til å ta til seg og holde på vann. For celle 1, der det ikke har vært deponert avfall siden 2001, må det antas at en likevekt er oppnådd mhp avfallets kapasitet til å holde på vann. En viss buffereffekt som flater ut regnværstopper vil man ha, men over året kan det antas at netto nedbør som trenger inn i deponiet tilsvarer produsert mengde sigevann.

For celle 2, der det fortsatt deponeres nytt avfall hvert år, antar vi at avfallet som deponeres har en restkapasitet til å holde på vann. Avfallets kapasitet til å binde opp vann vil variere mye. Vår største fraksjon som er forurensede masser, er normalt masser som har ligget eksponert for vann over lang tid. I utgangspunktet er det da neppe så mye restkapasitet igjen, men ofte vil massene ha ligget lagret i hauger hos avfallsbesitter, og dermed tørket noe før deponering. Man vil da kunne ha en restkapasitet for å holde på vann, når massene er deponert. Andre mindre fraksjoner som f.eks bunnaske og gips er normalt tørre når de

Perpetuum Circuli AS
9050 Storsteinnes

Telefon: +47 41 41 68 12
Telefax: +47 77 72 57 01
E-post: balsfjord@perpetuum.no

www.perpetuum.no
Org. Nr. NO 984 118 848 MVA
Bank: 7560.06.98494



kommer til deponiet, og kan binde opp en god del vann.

Tett avfall kan også lage små lokale "basseng" inne i deponivolumet, som holder tilbake noe vann. Denne effekten er vanskeligere å estimere.

Vi har valgt ikke å begi oss ut på konkrete kalkulasjoner, da dette blir spekulativt, men med de mengder og avfallstyper vi i dag tar i mot skal man ikke se bort i fra at i størrelsesorden 1-4.000 m³ vann holdes tilbake i avfallet/massene som legges på deponiet årlig. Vi beholder samme estimat som ble benyttet i fjor, og benytter en verdi på 1.500 m³, som antas å ligge på den konservative siden.

9

Oppsummering for Q_{ut}

Hvis det antas at man ikke har ukontrollerte diffuse utslipp ($\Delta S_{\text{diffust}} = 0$), kan Q_{ut} med overnevnte antagelser oppsummeres slik:

	Fordampning fra deponi- overflaten	Kontrollert uttak av sigevann	Vann bundet i deponert avfall	$\Delta S_{\text{diffust}}$ Foreløpig Antatt = 0	Sum «tatt ut av» deponiet Q _{ut}
2014	11.258 m ³	9.882 m ³	1.000 m ³	0 m ³	22.140 m ³
2015	14.227 m ³	10.734 m ³	1.000 m ³	0 m ³	25.961 m ³
2016	14.428 m ³	7.970 m ³	1.500 m ³	0 m ³	23.898 m ³
2017	13.774 m ³	10.758 m ³	1.500 m ³	0 m ³	26.031 m ³
2018	14.008 m ³	7.664 m ³	1.500 m ³	0 m ³	23.172 m ³
2019	16.511 m ³	18.217 m ³	1.500 m ³	0 m ³	36.228 m ³

Vannbalanse for deponicelle 1 og 2 på Stormoen

Beregningene fra og med 2015 antas å ha langt større nøyaktighet enn estimatene for perioden 2014. Dette da det nå benyttes lokale nedbørsdata, samt at sigevann antas målt med stor nøyaktighet. Estimatet for fordampning antas også å ha blitt noe bedre, da lokale temperaturdata nå benyttes.

Den gjenstående store usikkerheten er imidlertid fortsatt fordampning, da det er mange faktorer som kun er tatt høyde for gjennom en antatt reduksjonsfaktor, som vi ikke vet om er riktig. Også andre tall kan selvfølgelig være beheftet med feil, men disse antas å ha mer begrenset betydning for resultatet.

Den differanse man får mellom Q_{inn} og Q_{ut}, vil bestå av feil i beregningene samt et mulig diffust utslipp $\Delta S_{\text{diffust}}$. $\Delta S_{\text{diffust}}$ bør være lavere enn 5%. Som det framgår av tabellen, viser beregningene for 2019 en negativ differanse på -13%. Avviket ligger en god del lavere enn i 2018, men på samme nivå som i 2017. Alle fem år etter at måling av sigevannsmengde og nedbør ble mer nøyaktig enn, har man hatt en negativ differanse som betyr at beregnet mengde vann ut av deponiet er større enn beregnet mengde inn.

	Q _{inn}	Q _{ut}	Differanse	Differanse i %
--	------------------	-----------------	------------	----------------

Perpetuum Circuli AS
9050 Storsteines

Telefon: +47 41 41 68 12
Telefax: +47 77 72 57 01
E-post: balsfjord@perpetuum.no

www.perpetuum.no
Org. Nr. NO 984 118 848 MVA
Bank: 7560.06.98494



				av Q_{inn}
2014	29.161 m ³	22.140 m ³	7.021 m ³	24%
2015	20.625 m ³	25.961 m ³	-5.336 m ³	- 26%
2016	17.565 m ³	23.898 m ³	-6.333 m ³	- 36%
2017	23.140 m ³	26.031 m ³	-2.891 m ³	- 12%
2018	18.931 m ³	23.172 m ³	-4.242 m ³	- 22%
2019	32.088 m³	36.228 m³	-4.140 m³	- 13%

10

De øvrige estimerte bidragsyttere til vannbalansen kan selvfølgelig også være unøyaktige, men fordampning anses for å ha størst usikkerhet. Man kan i alle fall konkludere med at det er ingen ting som tyder på at man har noen lekkasje fra deponiene, slik at $\Delta S_{diffust}$ anses å være tilnærmet lik null.

Den mest sannsynlige kilden til feil er estimatet på fordampning, og at dette estimatet kan være for høyt. Tabellen nedenfor viser hva fordampningen måtte ha vært, hvis Q_{inn} skal bli lik Q_{ut} .

	Hva måtte fordampningen vært hvis $Q_{inn} = Q_{ut}$
2015	197 mm
2016	180 mm
2017	242 mm
2018	217 mm
2019	219 mm

Med vennlig hilsen

Stein Erik Nilsen
Daglig leder

Merrick Mordal
Prosjektleder

Perpetuum Circuli AS
9050 Storsteinnnes

Telefon: +47 41 41 68 12
Telefax: +47 77 72 57 01
E-post: balsfjord@perpetuum.no

www.perpetuum.no
Org. Nr. NO 984 118 848 MVA
Bank: 7560.06.98494

Vedlegg IV NOTAT SIGEVANNOVERVÅKNING FRA METALL-CELLEN

Notat: Sigevanntilvåkning Stormoen. Statusrapport oktober 2019

SEA ECO

Referanse: Perpetuum Circuli AS – Stormoen Deponiovervåkning

Skrevet: 28.01.2020

Utarbeidet av: Anne Wenke, Sea Eco AS

**Sigevanntilvåkning for kjemisk stabiliserte metallforurensede masser
(farlig avfall) på Stormoen Deponi –
Statusrapport desember 2019**

Bakgrunn

Stormoen deponi har en egen spesialdesignet deponicelle for metallforurensede jord (skyttebanemasser og lignende) som er farlig avfall, men som er blitt stabilt nok for deponering etter en kjemisk stabilisering. Denne cellen ligger i øverste deltrinn av trinn 3 på deponicelle 2 (heretter kalt *metall-celle*). Sigevannet fra denne cellen behandles i et renseanlegg, før det blir ført sammen med sigevannet fra de øvrige deponiceller på anlegget, til videre felles behandling i luftebasseng.

Drenslaget i metall-cellen inneholder en stor andel sorbent (slag), som renser sigevannet for metaller ved at metallene immobiliseres. Dette i tillegg til at sorbent også er blandet inn i selve avfallet (kjemisk stabilisering). I den grad det likevel lekker metaller ut fra avfallet, vil det meste at dette bindes i deponiets drenslag. Sigevannet må derfor antas på være langt på vei ferdig renset allerede før det kommer ut av deponiet og inn til renseanlegget. Filteret i renseanlegget består av samme type sorbent som den som er benyttet i deponiets drenslag og til innblanding i avfallet.

Perpetuum har krav fra fylkesmannen å rapportere jevnlig fremdrift, rensegrad og overvåkning av utslipp fra behandling av metallforurensede masser innen 1. oktober hvert år.

Mottak av metallholdige-masser

T.o.m. desember 2019 er totalt 5.241 tonn metall-holdige masser (kjemisk stabilisert farlig avfall) lagt inn i metall-cellen. Tabellen nedenfor viser tidspunkt, mengde og opphavssted.

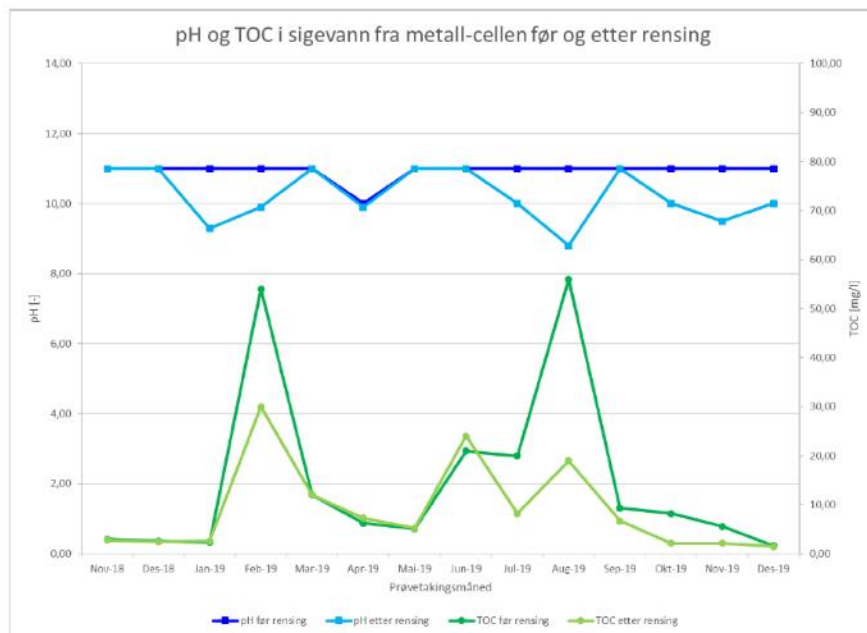
Tabell 1 Mottaksmengden av metall-holdige masser (farlig avfall) på Stormoen deponi t.o.m. august 2019.

Dato	Mengde [tonn]	Opphavssted
Des. 2018	3.616	Kvenvikmoen skytebane Alta
Des. 2018	672	Kjoselvdalen skytebane, Tromsø
Des. 2018	281	Templarheimen skytebane, Tromsø
Des. 2018	672	Melbu skytebane, Melbu

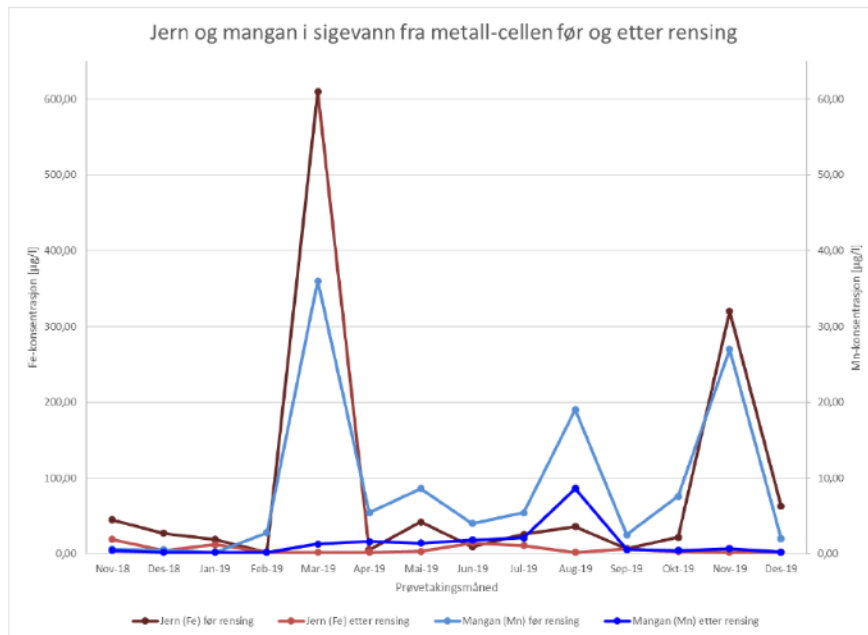
Analyseresultater fra sigevannsovervåkning

To sigevannsprøver fra metall-cellen blir tatt hver måned: en prøve før renseanlegg en prøve etter rensing. Prøver blir analysert for tungmetaller, pH og TOC av det akkrediterte laboratoriet Eurofins.

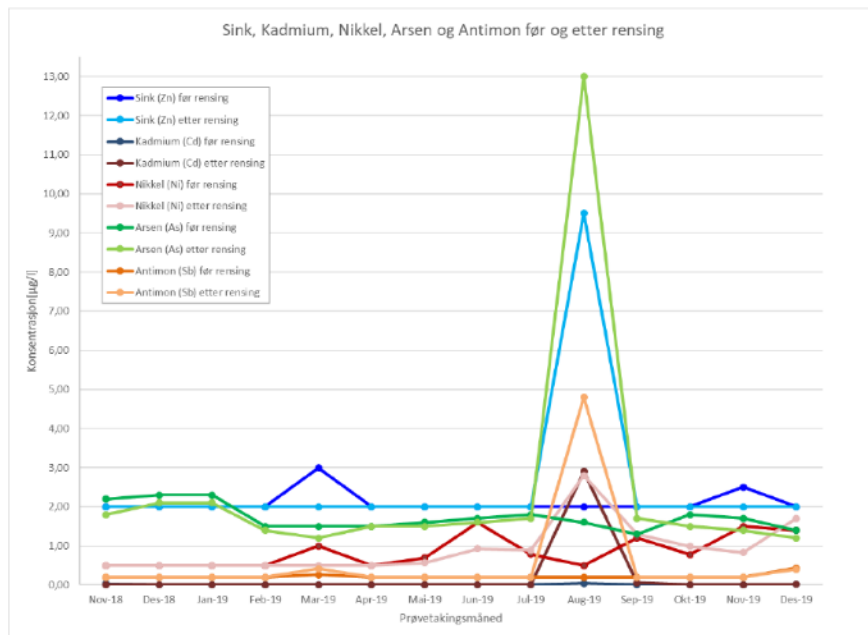
Figurer 1-4 viser analyseresultatene for sigevann fra metall-cellen før og etter rensing t.o.m. desember 2019. Tabell 2 sammenligner sigevannskonsentrasjoner fra metall-cellen med blandet sigevann fra alle deponiceller på anlegget.



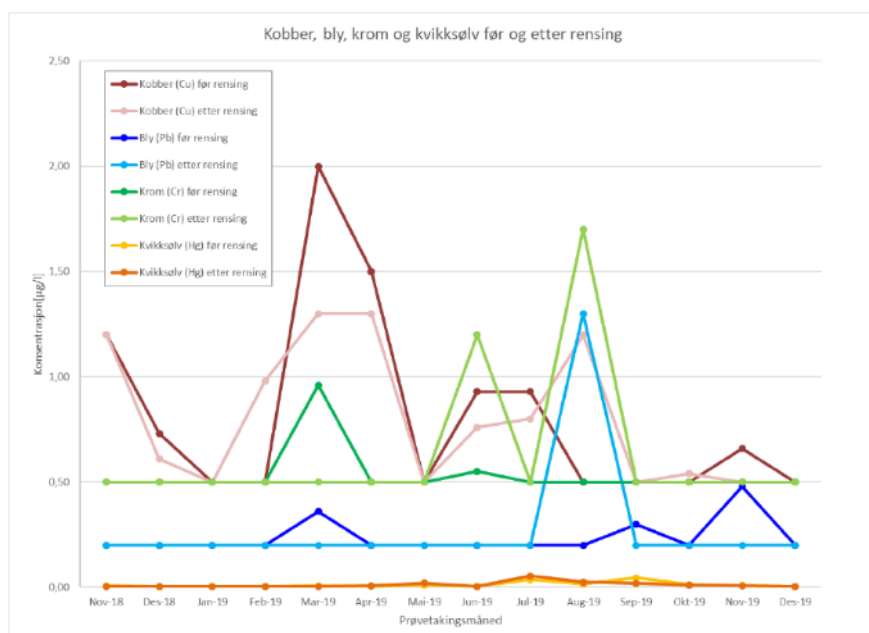
Figur 1 TOC og pH i sigevann fra metall-cellen før og etter rensing. TOC konsentrasjoner angitt i mg/l.



Figur 2 Jern og mangan konsentrasjoner i sigevann fra metall-cellen før og etter rensing. Konsentrasjoner angitt i µg/l.



Figur 3 Sink, kadmium, nikkel, arsen og antimon konsentrasjoner i sigevann fra metall-cellen før og etter rensing. Konsentrasjoner angitt i µg/l.

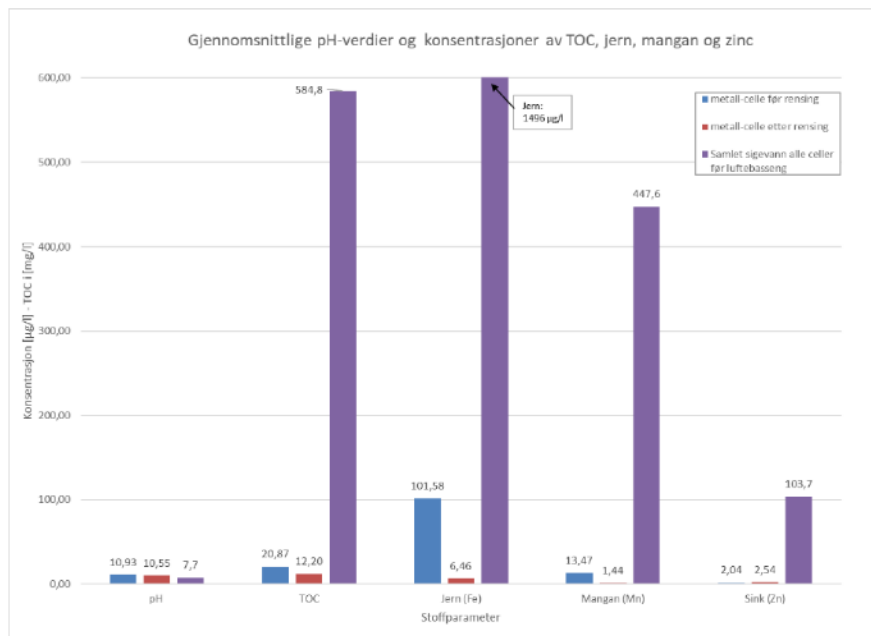


Figur 4 Kobber, bly, krom og kvikksølv konsentrasjoner i sigevann fra metall-cellen før og etter rensing. Konsentrasjoner angitt i µg/l.

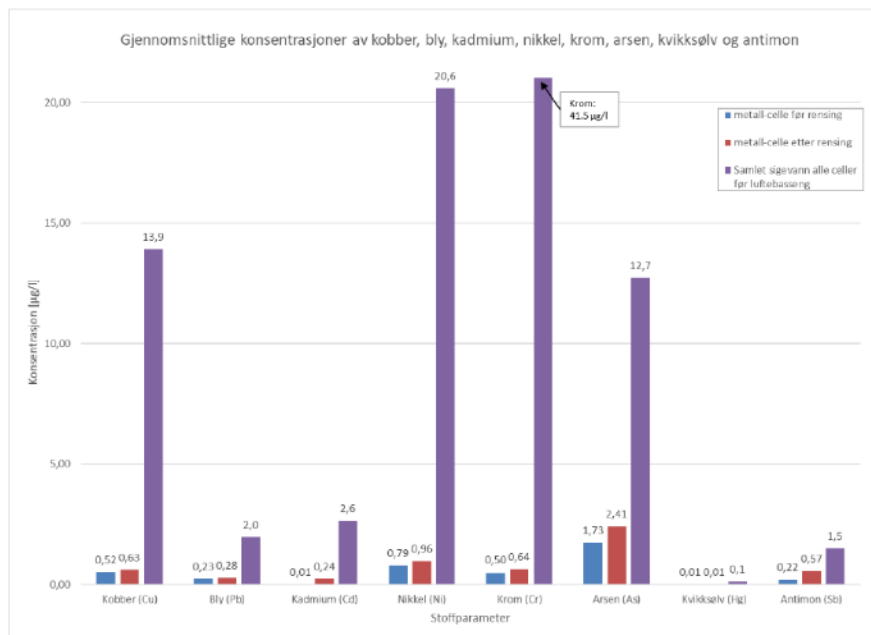
Tabell 2 Gjennomsnittlige analyseresultater av sigevann fra metall-cellen før og etter rensing og ubehandlet sigevann fra celle 1 og 2 (ordinært deponi).

		Gjennomsnitt sigevann metall- celle før renseanlegg	Gjennomsnitt sigevann metall- celle etter renseanlegg	Sigevann alle deponiceller (før luftebasseng) gjennomsnitt nov- 18 - des-19
pH	[-]	10,93	10,55	7,7
TOC	[mg/l]	20,87	12,20	584,8
Jern (Fe)	[µg/l]	101,58	6,46	1496,0
Mangan (Mn)	[µg/l]	13,47	1,44	447,6
Sink (Zn)	[µg/l]	2,04	2,54	103,7
Kobber (Cu)	[µg/l]	0,52	0,63	13,9
Bly (Pb)	[µg/l]	0,23	0,28	2,0
Kadmium (Cd)	[µg/l]	0,01	0,24	2,6
Nikkel (Ni)	[µg/l]	0,79	0,96	20,6
Krom (Cr)	[µg/l]	0,50	0,64	41,5
Arsen (As)	[µg/l]	1,73	2,41	12,7
Kvikksølv (Hg)	[µg/l]	0,01	0,01	0,1
Antimon (Sb)	[µg/l]	0,22	0,57	1,5

Figurer 5 og 6 viser gjennomsnittlige konsentrasjoner av alle målte parameter i sigevannet fra metall-cellen før og etter behandling i renseanlegget, samt konsentrasjonen man har i samlet sigevann fra alle deponiceller før luftebasseng.



Figur 5 Gjennomsnittlige konsentrasjoner av TOC, jern, mangan og sink verdier i sigevann fra metall-cellen før og etter rensianlegg, samt konsentrasjon i samlet sigevann fra alle deponiceller før luftbehandling.



Figur 6 Gjennomsnittlige konsentrasjoner av kobber, bly, kadmium, nikkel, krom, arsen, kvikksølv og antimon verdier i sigevann fra metall-cellen før og etter rensianlegg, samt konsentrasjon i samlet sigevann fra alle deponiceller før luftbehandling.

Analyseresultatene viser at:

- pH-verdien av sigevannet ligger rundt 10-11. Dette skyldes i hovedsak bruk av sorbent med høy pH både til kjemisk stabilisering og i drengslaget.
- Utlekking av tungmetaller fra metall-cellen er relativt konstant.
- Filteret i renseanlegget har generelt liten effekt, da rensepotensialet i hovedsak må antas å være tatt ut i drengslaget i deponiet.
- På gjennomsnittsverdiene ser man tilsynelatende noen effekter av rensefilteret. Aller klarest for jern (94%) og mangan (89%). Dette er imidlertid ikke de mest vesentlige parameterne. TOC reduseres også med 42%.
- For tungmetallene er renseeffekten tilsynelatende negative når man ser på gjennomsnittsverdier. De effekter man ser har en viss %-vis størrelse, men når det tas hensyn til at man ligger på svært lave konsentrasjonsverdier, er de egentlig nesten neglisjerbare og kan også skyldes ulike feilkilder.
- Noen av de effekter som ses kan ha sammenheng med at sigevannet blir eksponert for oksygen inne i renseanlegget.
- Felles for nesten alle de tilsynelatende effektene som fremkommer, er at de ikke er stabile. For mange datasett ser man tilnærmet ingen effekt av rensetrinnet. Så har man noen datasett der man får ulike resultater før og etter rensing, som gir utslag på gjennomsnittsverdier. Dette kan indikere at tilfeldigheter og feil her kan spille en rolle. Når det gjelder prøven tatt etter rensing i august 2019, har vi en liten mistanke om at prøven kan være kontaminert med slam/partikler, da man har en markant økning for nesten alle parametere. Resultatene for september-desember prøvene bekreftet at dette har vært et «tilfeldig utslag».
- Gjennomsnittlige tungmetall-konsentrasjoner fra metall-cellen er mye lavere enn konsentrasjonene som måles i blandet sigevann fra alle deponiceller. Dette viser at kombinasjonen av kjemisk stabilisering og sorbent i drengslaget, gir meget gode renseeffekter, og at filteret i renseanlegget kanskje ikke har særlig funksjon for dette sigevannet.

Konklusjoner fra sigevannovervåking for metall-celle

- Tungmetall-mengden i sigevannet fra metall-cellen er generelt svært lav og mye lavere enn tungmetallinnholdet i det samlede sigevannet fra alle deponiceller.
- Drengslaget i metall-cellen, i kombinasjon med kjemisk stabilisering av avfallet, må derfor antas å ha svært god effekt på tilbakeholdelse av tungmetaller.
- Renseanlegget fungerer tilsynelatende godt for TOC, jern og mangan, men har ingen renseeffekt for de øvrige tungmetallene.
- Det kan ikke utelukkes at de effekter som ses ikke er reelle, men et utslag av tilfeldige feil. Dette vil man få et klarere bilde av når man får en økt mengde data.
- En mulig del-forklaring på de effekter som ses, kan være at sigevannet kommer i kontakt med oksygen i renseanlegget.
- Effekten av lufting vil sigevannet uansett få i etterfølgende felles luftebasseng. Det kan derfor stilles spørsmål ved om det har noen hensikt å ha dette rensetrinnet. Men når det først er etablert, er det for så vidt ikke noen stor kostnad å la det stå som en ekstra sikkerhet.

SEA ECO

Notat: Sigevanntilvåkning Stormoen. Statusrapport desember 2019

Referanse: Perpetuum Circuli AS – Stormoen Deponiovervåkning

Skrevet: 27.01.2020

Utarbeidet av: Anne Wenke, Sea Eco AS

**Sigevannovervåkning fra PFAS-cellen på Stormoen Deponi –
Statusrapport desember 2019**

Bakgrunn

PFAS forbindelser er hydrokarbonkjeder hvor hydrogen er byttet ut med fluor. Dette gir ulike funksjonelle egenskaper som bla. vann- og fettavvisende egenskaper. Samtidig er disse svært stabile og persistente, samt mobile i miljøet og spres derfor globalt. PFAS binder seg til proteiner og akkumuleres i næringskjeden. Langkjedete PFAS-forbindelser binder seg sterkere til partikulært materiale, som jord og sediment enn kortkjedete PFAS. For Norske deponier er den generelle antatte kilde til PFAS-utslipp fra husholdningsavfall, forurenset jord og slam.

Stormoen deponi har en egen spesialdesignet deponicelle for PFAS-holdig jord og avfall (PFAS-celle i trinn 3 på celle 2; heretter *PFAS-celle*). Sigevannet fra denne cellen behandles separat før det slippes ut til det generelle sigevannet i luftebassenget.

Drenslaget i PFAS-cellen inneholder en stor andel sorbent (slag), som renser sigevannet for PFAS ved at PFAS immobiliseres. Sigevannet må derfor antas på være langt på vei ferdig renset allerede før det kommer ut av deponiet og inn i renseanlegget for PFAS.

Perpetuum har krav fra fylkesmannen å rapportere jevnlig oppfylling av PFAS-masser og overvåkning av utslipp fra PFAS-cellen innen 1. oktober hvert år.

Mottak av PFAS-masser

Frem t.o.m. desember 2019 er totalt 7055,08 tonn PFAS-holdige masser lagt inn i PFAS-cellen. Tabell 1 viser tidspunkt, mengde og opphavssted.

SEA ECO

Tabell 1 Mottaksmengden av PFAS-holdige masser på Stormoen deponi t.o.m. desember 2019.

Dato	Mengde [tonn]	Opphavssted/Kunde
Desember 2018	1106,46	Bardufoss Lufthavn (AK Granheim AS)
Juni/Juli 2019	151,84	Evenes Lufthavn (Harstad Maskin AS)
Juni/Juli 2019	198,04	Sørkjosen Lufthavn (Veidekke AS)
September 2019	10,8	SAR Hammerfest (SAR AS)
Oktober 2019	4608,48	Bardufoss Brannstasjon (Norsk Saneringsservice AS)
Oktober 2019	241,2	Evenes Lufthavn (Målselv Maskin og Transport AS)
November 2019	366,56	SAR Hammerfest (SAR AS)
November 2019	7,82	Evenes Flyplass (Harstad Maskin AS)
November/Desember 2019	338,02	Evenes Lufthavn (Målselv Maskin og Transport AS)
Desember 2019	25,86	SAR Hammerfest (SAR AS)

Analyseresultater fra sigevannsovervåking

Sigevannet fra PFAS-cellen ble renset i et eget renseanlegg før det ble tilført til deponiets luftebasseng sammen med sigevann fra øvrige deponiceller. Renseanlegg består av først et filter med slagg (rensetrinn 1), av samme type som drengslaget i deponiet, og deretter et aktivt kull-filter (rensetrinn 2).

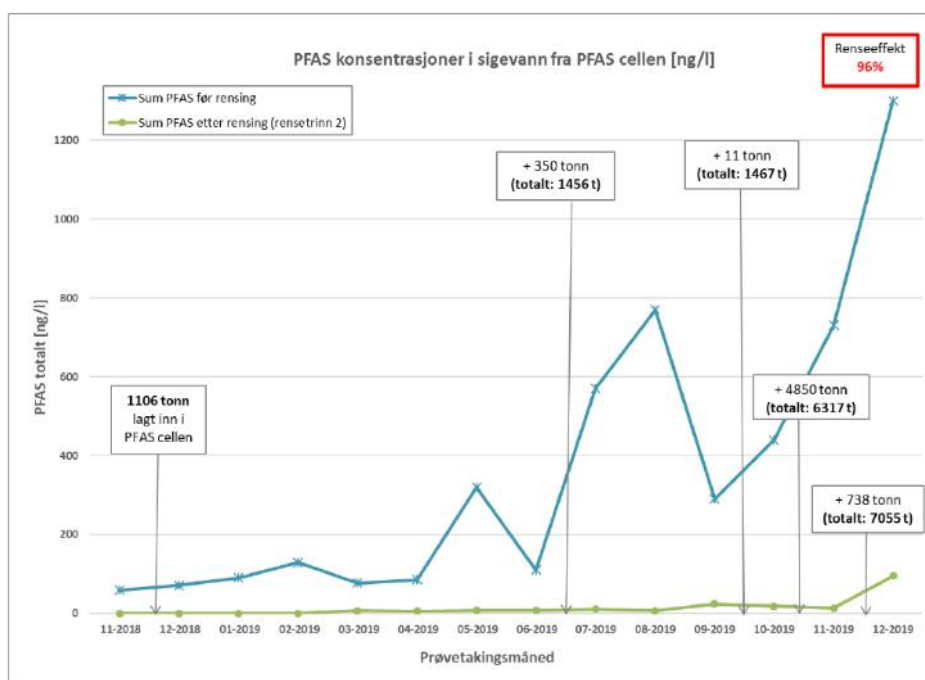
Totalt tre sigevannsprøver fra PFAS-cellen blir tatt hver måned: en prøve før renseanlegg, en prøve etter rensetrinn 1 og en prøve etter rensetrinn 2. Prøver blir analysert for 23 PFAS-forbindelser, pH, TOC og tungmetaller av det akkrediterte laboratoriet Eurofins.

Figur 1 og Tabell 2 viser analyseresultatene for samlede PFAS mengde (sum 23PFAS) t.o.m. desember 2019.

Tabell 2 Analyseresultater av totalt mengden PFAS i sigevann fra PFAS-cellen samt renseeffekt fra renseanlegg. Konsentrasjoner angitt i ng/l. Tallene <0.3 betyr at konsentrasjoner ligger under deteksjonsgrensen.

SUM 23PFAS [ng/l]	Prøvetakingsmåned													
	11- 2018	12- 2018	01- 2019	02- 2019	03- 2019	04- 2019	05- 2019	06- 2019	07- 2019	08- 2019	09- 2019	10- 2019	11- 2019	12- 2019
før renseanlegg	59	71	91	129	77	86	320	110	570	770	290	440	730	1300
etter rensetrinn 1	53	69	86	107	90	65	300	110	300	630	300	440	410	4100
etter rensetrinn 2	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	7	6	8	8	11	7	24	18	13	95
Renseeffekt	99%	100%	100%	100%	92%	93%	98%	93%	98%	99%	92%	96%	98%	93%
Sigevann alle deponiceller etter luftebassena	7135			6400			2500		3500			5400		

SEA ECO



Figur 1 Totalt PFAS mengden i sigevann fra PFAS-cellen før og etter renseanlegg.

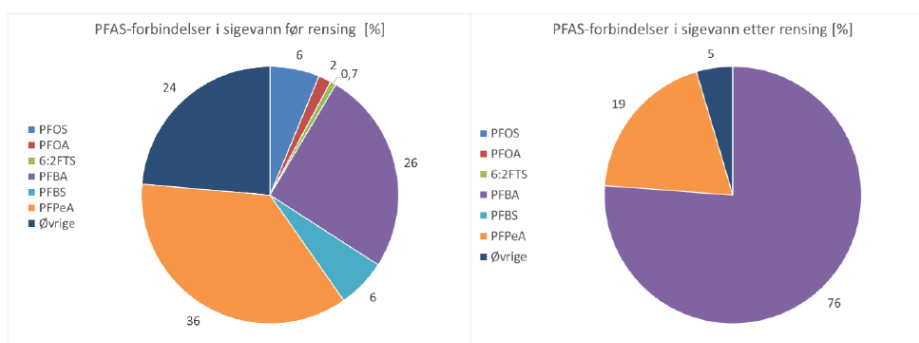
Ut fra analyseresultatene kan man si følgende:

- PFAS-mengde i sigevannet, før rensing, er generelt lav og alle målte verdier er under 1,5 µg/l.
- PFAS-mengde i sigevannet kan se ut til å øke noe når nye PFAS-masser blir lagt inn i PFAS-cellen.
- Gjennomsnittlige konsentrasjon (Nov 2018-Des 2019) av total mengde PFAS i sigevann fra PFAS-cellen er 360 ng/l før rensing og 14 ng/l etter rensing.
- Til sammenligning ligger konsentrasjonen av PFAS i samlet sigevann fra alle deponiceller på Stormoen på i størrelsesorden 4.990 ng/l.
- Renseanlegget viser veldig god renseeffekt med gjennomsnittlig 96%.
- Renseeffekten er konstant, noe som viser at filteranlegget fungerer bra og det finnes ikke noen indikasjoner at filtrene er mettet og må byttes. Spesielt aktivt kull-filter har gode renseeffekter.

PFAS-forbindelser i sigevannet

Figur 2 viser fordeling av de PFAS-forbindelser som forekommer mest i sigevannet.

SEA ECO



Figur 2 Andel av utvalgte PFAS-forbindelser i sigevannet [%] før (til venstre) og etter rensing (til høyre).

- PFOS, PFOA og 6:2FTS er langkjedede PFAS-forbindelser, som vanligvis utgjør det meste av PFAS funnet på brannøvingssletter. Andelen av disse utgjør bare 8.7% av den totale PFAS-mengden målt i sigevannet før renseanlegget. Dette antyder at man har hatt en effektiv rensing av disse stoffene i drengslaget i deponiet, før sigevannet kommer ut.
- I sigevann før renseanlegget, er den største PFAS-komponenten PFPeA med en andel på 36%, og deretter PFBA med 26%. PFPeA og PFBA er kortkjedede nedbrytningsprodukter av 6:2FTS¹. Dette bekrefter 2 kjente forhold:
 - Sannsynligvis er en del langkjedede PFAS-forbindelser nedbrutt til kortkjedede PFAS-forbindelser.
 - Langkjedede komponenter renses mer effektivt enn kortkjedede.
- Etter renseanlegget utgjør PFBA 76% og PFPeA 19% av PFAS i sigevannet. Dette selv om nivået også av disse komponenten er effektivt renses med hele 88% (PFBA) og 98% (PFPeA) renseseffekt.

Konklusjoner fra sigevannovervåkning

- PFAS-mengden i sigevannet før rensing er generelt lav, og alle målte verdier ligger under 1,5 µg/l. Dette antyder god renseseffekt i drengslaget i deponiet.
- Renseanlegg viser veldig god renseseffekt med gjennomsnittlig 96%.
- Gjennomsnittlige konsentrasjon av PFAS i sigevannet etter rensing er 14 ng/l. Denne konsentrasjonen er bare ca. 0,28% av den PFAS konsentrasjonen man har i det samlede sigevannet fra deponiområdet.
- Alle PFAS komponenter renses effektivt, men de langkjedede renses aller best.
- Det finnes ikke noen indikasjoner at rensesfiltrene er mettet og må byttes.

¹ NGI presentasjon: Langberg et al. 2018, Environmental distribution of an AFFF dominated PFAS mixture
<https://www.ngi.no/Prosjekter/Redusere-negative-foelger-av-PFAS/Presentations>

Vedlegg VI OVERVÅKNINGSRESULTATER OVERFLATEVANN

Parameter	Enhhet	Storøyra A					Kjoselva nedstrøms B					Tømmereiva nedstrøms C				
		Q2 2019	Q3 2019	Q4 2019	Gjennomsnitt		Q2 2019	Q3 2019	Q4 2019	Gjennomsnitt		Q2 2019	Q3 2019	Q4 2019	Gjennomsnitt	
Provetakings dato		23.05.	17.07.	29.10.			23.05.	17.07.	29.10.			23.05.	17.07.	29.10.		
Surhetsgrad	pH	6,4	6,3	5,4	6,0		7,8	8,1	7,7	7,9		7,3	7,9	7,5	7,6	
Ledningsevne	mS/m	9,77	8,03	8,3	8,7		16,4	34,5	39,4	30,1		4,86	15,3	18,6	12,9	
Klorid (Spøringsstoff 1)	mg/l	10	10	15	11,7		4,5	13	17	11,5		2,6	6,3	9	5,9	
Løst organisk karbon	mg/l	21	36	38	31,7		4,1	4,9	5,7	4,9		3,6	2,6	2,8	3,0	
Total nitrogen - løst	µg/l	780	1200	<10	660		610	2900	4800	2770		98	180	810	363	
Ammonium nitrogen	mg/l	0,1	<0,1	0,26	0,1		0,19	1	3,2	1,5		<0,1	<0,1	<0,1	0,0	
Total fosfor - løst	µg/l	25	25	20	23,3		8,3	6,9	7,6	7,6		16	4,1	4,50	8,2	
Jern - Filtrert	mg/l	160	360	540	353,3		37	51	63	50,3		27	130	180	112,3	
Mangan - Filtrert	mg/l	12	32	89	44,3		7,2	18	31	18,7		2,2	24	36	20,7	
Sink - Filtrert	mg/l		2,7					<0,002					0,46			
Kobber - Filtrert	mg/l		0,47					0,64					0,67			
Bly - Filtrert	mg/l		0,7					<0,1					<0,01			
Kadmium - Filtrert	mg/l		0,006					<0,04					<0,004			
Nikkel - Filtrert	mg/l		0,79					1,2					0,51			
Krom - Filtrert	mg/l		0,58					<0,5					0,056			
Asen - Filtrert	mg/l		0,67					0,43					0,081			
Kvikksølv - Filtrert	mg/l		<0,002					<0,002					<0,002			
Antimon - Filtrert	mg/l		0,66					1					<0,02			
4,2 Fluorelomersulfonat (FTS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
6,2 Fluorelomer sulfonat (FTS) (H4PFO3)	ng/l		<0,3					0,81					<0,3			
8,2 Fluorelomersulfonat (FTS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluor-3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMO)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluoroktansyre (PFDeA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorbutansyre (PFBA)	ng/l		8,5					2,6					<0,6			
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	ng/l		8,2					0,89					<0,3			
Perfluorododekansyre (PFDoA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorotridekansyre (PFTrA)	ng/l		<1,0					<0,3					<1,0			
Perfluorodekansulfonat (PFDS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorheptansyre (PFHpA)	ng/l		9,1					1,9					<0,3			
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorheksansyre (PFHxA)	ng/l		17					6,6					0,35			
Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	ng/l		2,2					0,7					<0,2			
Perfluoromonansyre (PFNA)	ng/l		0,69					<0,3					<0,3			
Perfluoroktansyre (PFOnA)	ng/l		12					2,5					<0,3			
Perfluoroktansulfonat (PFOS)	ng/l		1,2					0,67					<0,2			
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorpentansyre (PFPeA)	ng/l		16					12					<0,3			
Perfluortetradekansyre (PFTrA)	ng/l		0,78					<0,3					<0,3			
PFUDA (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluoromonansulfonat (PFMS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorodekansulfonat (PFDS)	ng/l		<1,0					<0,3					<1,0			
Sum PFAS (SLV 11)	ng/l		75					29					0,35			
Sum 23 PFAS	ng/l		76					29					0,35			

Parameter	Enhhet	Referansenmr. D					Kjøselve oppstrøms E					Tømmereiva oppstrøms F				
		Q2 2019	Q3 2019	Q4 2019	Gjennomsnitt		Q2 2019	Q3 2019	Q4 2019	Gjennomsnitt		Q2 2019	Q3 2019	Q4 2019	Gjennomsnitt	
Prøvetakings dato		23.05.	17.07.	29.10.			23.05.	17.07.	29.10.			23.05.	17.07.	29.10.		
Surhetsgrad		7,4	7,7	7,4	7,5		7,8	8,2	8,2	8,1		7,3	7,7	7,4	7,5	
Ledningsevne	ms/m	12	18,6	16,9	15,8		16	30,5	32,5	26,3		4,54	9,91	11,2	8,6	
Klorid (Spøringsstoff 1)	mg/l	4,7	4,7	6,7	5,4		3,80	5,9	7	5,4		2,30	2,8	4	2,9	
Løst organisk karbon		9,3	13	10	10,8		3,3	2,7	3,2	3,1		3,5	2,7	2,9	3,0	
Total nitrogen - Løst	µg/l	300	420	330	350		370	480	510	453		140	170	280	197	
Ammonium nitrogen	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1	0,0	
Total fosfor - Løst	µg/l	12	6,7	4,5	7,7		4,9	4,9	<3	3,3		9,7	3,5	4,3	5,8	
Jern - Filtrert	mg/l	74	110	95	93,0		34,0	20	11	21,7		23,000	45	35	34,3	
Mangan - Filtrert	mg/l	0,39	0,55	2,5	1,1		8,3	5,7	3,2	5,7		1,5	17	15	11,2	
Sink - Filtrert	mg/l		0,35					<0,002					<0,002			
Kobber - Filtrert	mg/l		0,6					0,33					0,76			
Bly - Filtrert	mg/l		0,014					<0,01					<0,1			
Kadmium - Filtrert	mg/l		<0,004					<0,004					<0,04			
Nikkel - Filtrert	mg/l		0,51					0,35					0,55			
Krom - Filtrert	mg/l		0,16					<0,05					<0,5			
Arsen - Filtrert	mg/l		0,11					0,11					<0,0002			
Kvikksølv - Filtrert	mg/l		<0,002					<0,002					<0,002			
Antimon - Filtrert	mg/l		<0,002					0,025					0,52			
4,2 Fluorolomersulfonat (FTS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
6,2 Fluorolomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
8,2 Fluorolomersulfonat (FTS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
7H-Dodekafluorheptansyre (HFPHPA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluor-3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMD)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluoroktansyre (PFDeA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorbutansyre (PFBA)	ng/l		<0,6					<0,6					<0,6			
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorodekansyre (PFDoA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorodekansyre (PFTrA)	ng/l		<1,0					<1,0					<1,0			
Perfluorodekansulfonsyre (PFDS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorheptansyre (PFHpA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorheksansyre (PFHxA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	ng/l		<0,2					<0,2					<0,2			
Perfluoromonsyre (PFNA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluoroktansyre (PFOA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluoroktansulfonat (PFOS)	ng/l		<0,2					<0,2					<0,2			
Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorpentansyre (PFPeA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluortetradekansyre (PFTrA)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluoromonsulfonat (PFNS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
Perfluorodekansulfonat (PFDoS)	ng/l		<0,3					<0,3					<0,3			
PFUDA (Perfluorodekansyre) - PFCA-11	ng/l		<1,0					<1,0					<1,0			
Sum PFAS (SLV 11)	ng/l		nd.					nd.					nd.			
Sum 23 PFAS	ng/l		nd.					nd.					nd.			

3.2.2020

VannNett-Portal

Tømmerelva i Balsfjord

Kart



Generell informasjon

Navn	Tømmerelva i Balsfjord	VannforekomstID	198-46-R
Vannkategori	Elv		
Vassdragsområde	198	Nedbørfelt	198.42A0
Elvelengde km	16.630	Totalt areal nedbørsfelt	
Vannregionkoordinator	Troms og Finnmark FK	Vannregion	Troms og Finnmark
Vannområde	Balsfjord - Karlsøy	Fylke	Troms og Finnmark
Kommune	Balsfjord		

Miljømål

Økologisk	Oppnår miljømål:	Miljømålet oppnås
God	Unntak registrert:	

Kjemisk	Oppnår miljømål:	Miljømålet oppnås
God	Unntak registrert:	

Risiko

Risiko

Vanntype

Vanntypenavn	Middels, moderat kalkrik, klar (TOC2-5)	Størrelse	Middels (10 - 100 km ²)
Vanntypekode	RNM2311	Klimasone	Middels(200-800moh.)
Vannkategori	Elv	Kalsium	Moderat kalkrik (Ca > 4 - 20 mg/l, Alk 0.2-1 mekv/l)
Økoregion	Nord-Norge ytre	Humus	Klare (< 30 mg Pt/L, TOC 2 - 5 mg/L)
Nasjonal vanntype	R207	Turbiditet	Klare (STS < 10 mg/L (uorganisk andel minst 80%))

Påvirkning

	PÅVIRKNINGSGRAD	EFFEKT	KOMMENTARER	DISSENS
Jordbruk				

<https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/198-46-R>

1/3

3.2.2020

VannNett-Portal

Diffus forurensning

Diffus avrenning fra beite og eng



Liten grad

Næringsforurensning
Organisk
forurensning

Fosfor og nitrogen i klasse I, men turbiditet og organisk karbon tyder på noe påvirkning fra landbruk. Noe jordbruksarealer uten, eller kun smal stripe med kantvegetasjon

Nei

Avløpsvann**Diffus forurensning**

Diffus avrenning fra spredt bebyggelse



Liten grad

Næringsforurensning
Organisk
forurensning

Fosfor og nitrogen i klasse I, men turbiditet og organisk karbon tyder på noe påvirkning fra landbruk eller bebyggelse

Nei

Fiskeri og akvakultur**Utnyttelse av arter**

Påvirket av lakselus



Liten grad

Annen betydelig
effektHavforskningsinstituttet og Veterinærinstituttet har beregnet luseindusert dødelighet basert på modeller og overvåkingsdata. Merk at luseindusert dødelighet kun er beregnet for atlantisk laks (Salmo salar). Effekt på annen laksefisk er ikke vurdert. Resultatet av modelleringen finner dere her https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2017/risikomodell-for-quantifisering-av-luseindusert-dodelighet-pa-villaks-og-https://www.hi.no/filarkiv/2018/07/luserelatert_dodelighet_2018_.pdf/nb-no

Nei

Tiltak

TILTAKS ID	TILTAKSNAVN	TILTAKSTYPE	PÅVIRKNING	UNNTAK	TILTAKSSTAT
---------------	-------------	-------------	------------	--------	-------------

Effekt fra tiltak på andre vannforekomster

TILTAKS ID	TILTAKSNAVN	TILTAKSTYPE	PÅVIRKNING	UNNTAK	TILTAKSSTAT
---------------	-------------	-------------	------------	--------	-------------

Økologisk tilstand**Økologisk tilstand**

Tilstand basert på

Informasjon
mangler
Høy

Moderat

Presisjon

KVALITETSELEMENTER	TILSTAND	DATA/DATA FRA TIL	GYLDIG	KILDE	VERDI	MÅLEENHET	REGISTRERT DATO
Påvekstlger							
Trofiindeks begroingsalger PIT	Svært god	2012012	✓	Vannmiljø	9,3786	Ubenevnt	17.10.2018
Bunnfauna							
Gjennomsnittlig score per takson ASPT	God	2012012	✓	Vannmiljø	6,5400	Ubenevnt	17.10.2018

<https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/198-46-R>

2/3

3.2.2020

VannNett-Portal

Fisk

Tilstandsvurdering for laks VRL



Moderat

2012017

Vitenskapelig
råd for
lakseforvaltning

31.08.2018

Turbiditet/siktedyp

Fargetall Pt

Udefinert

2012012



Vannmiljø 23,6250 mg/l 17.10.2018

Suspendert stoff

Udefinert

2012017



Vannmiljø 21,7500 mg/l 17.10.2018

Turbiditet

Udefinert

2012012



Vannmiljø 0,8588 FNU 17.10.2018

Oksygenforhold

KOF dikromat

Udefinert

2012017



Vannmiljø 8 mg/l 17.10.2018

Salinitet/konduktivitet

Konduktivitet

Udefinert

2012017



Vannmiljø 4,5700 mS/m 17.10.2018

Forsuringstilstand

pH

Udefinert

2012017



Vannmiljø 7,4400 17.10.2018

Total alkalitet

Svært
god

2012012



Vannmiljø 0,5550 mmol/l 17.10.2018

Nitrogenforhold

Totalnitrogen

Svært
god

2012017



Vannmiljø 223,4000 µg/l 17.10.2018

Total organisk karbon

Udefinert

2012012



Vannmiljø 3,3500 µg/l 16.04.2015

Fosforforhold

Totalfosfor

Svært
god

2012012



Vannmiljø 6,7625 µg/l 17.10.2018

Vannregionspesifikke stoffer

KVALITETSELEMENTER	TILSTAND	ANTALL	DATA FRA TIL	GYLDIG	KILDE	MAKS	GJENNOMSNITTLIG MÅLEENHET	REGISTRERT DATO
Ukjent								
Magnesium CAS_7439-95-4	 Ukjent	1						
Ferskvann - Udefinert	 Ukjent		2012012		Vannmiljø	2,3000	1,8625	17.10.2018
Kalsium CAS_7440-70-2	 Ukjent	1						
Ferskvann - Udefinert	 Ukjent		2012012		Vannmiljø	12,2500	10,0250	17.10.2018

Kjemisk tilstand

Kjemisk tilstand

Ukjent

Presisjon

Lav

3.2.2020

VannNett-Portal

Kjoselva

Kart



Generell informasjon

Navn	Kjoselva	VannforekomstID	198-39-R
Vannkategori	Elv		
Vassdragsområde	198	Nedbørfelt	198.421
Elvelengde km	17.817	Totalt areal nedbørsfelt	
Vannregionkoordinat	Troms og Finnmark FK	Vannregion	Troms og Finnmark
Vannområde	Balsfjord - Karlsøy	Fylke	Troms og Finnmark
Kommune	Balsfjord		

Miljømål

Økologisk	Oppnår miljømål:	Miljømålet oppnås
God	Unntak registrert:	

Kjemisk	Oppnår miljømål:	Miljømålet oppnås
God	Unntak registrert:	

Risiko

Risiko

Vanntype

Vanntypenavn	Små, kalkrik, klar (TOC2-5)	Størrelse	Små (< 10 km2)
--------------	-----------------------------	-----------	----------------

<https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/198-39-R>

1/7

3.2.2020

VannNett-Portal

Vanntypekode RNM1411
Vannkategori Elv
Økoregion Nord-Norge ytre
Nasjonal vanntype

Klimasone Middels(200-800moh.)
Kalsium Kalkrik (Ca > 20 mg/l, Alk > 1 mekv/l)
Humus Klare (< 30 mg Pt/L, TOC 2 - 5 mg/L)
Turbiditet Klare (STS < 10 mg/L (uorganisk andel minst 80%))

Påvirkning

	PÅVIRKNINGSGRAD	EFFEKT	KOMMENTARER	DISSENS
Jordbruk				
Diffus forurensning				
Diffus avrenning fra beite og eng	😊 Middels grad	Næringsforurensning Organisk forurensning	Svært høye N-verdier og høye P og TOC. Kilder eng, beite, gårder eller bebyggelse.	Nei
Urban utvikling				
Punktforurensning				
Punktutslipp fra søppelfyllinger	😊 Middels grad	Næringsforurensning Organisk forurensning	Svært høye N-verdier, høye P og TOC tyder på avrenning fra søppelfylling og/eller jordbruk-bebyggelse	Nei

Tiltak

TILTAKS ID	TILTAKSNAVN	TILTAKSTYPE	PÅVIRKNING	UNNTAK	TILTAKSST
1109-1132-M	Kildekartlegging	Forbedring av kunnskapsgrunnlaget	Punktutslipp fra søppelfyllinger	Ingen	Foreslått
1109-1131-M	Kildekartlegging	Forskningsmessige undersøkelser	Punktutslipp fra søppelfyllinger	Ingen	Foreslått
1104-35-M	Sigevann infiltrasjon Stormoen	Tiltak i forurenset grunn	Punktutslipp fra søppelfyllinger	Ingen	Foreslått

Effekt fra tiltak på andre vannforekomster

TILTAKS ID	TILTAKSNAVN	TILTAKSTYPE	PÅVIRKNING	UNNTAK	TILTAKSST
------------	-------------	-------------	------------	--------	-----------

Økologisk tilstand

Økologisk tilstand

Moderat

Tilstand basert på Presisjon

Biologiske klassifiseringsdata Høy

<https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/198-39-R>

2/7

3.2.2020

VannNett-Portal

Kommentar til presisjon
(datakvalitet)
N - svært dårlig tilstand

KVALITETSELEMENTER	TILSTAND	DATA FRÅTIL	GYLDIG	KILDE	VERDI	MÅLEENHET REGISTRERT DATO
Påvekstsalger						
Trofiindeks begroingsalger PIT	Udefinert	202016	✓	Vannmiljø	20,4500	16.03.2018
Bunnfauna						
Gjennomsnittlig score per takson ASPT	☹ Moderat	202016	✓	Vannmiljø	6,9250	16.03.2018
Turbiditet/siktedyp						
Fargetall Pt	Udefinert	202016	✓	Vannmiljø	81,3571	16.03.2018
Suspendert stoff	Udefinert	202017	✓	Vannmiljø	7,0500	17.10.2018
Turbiditet	Udefinert	202016	✓	Vannmiljø	2,4225	16.03.2018
Oksygenforhold						
KOF dikromat	Udefinert	202017	✓	Vannmiljø	7,5000	17.10.2018
Salinitet/konduktivitet						
Konduktivitet	Udefinert	202017	✓	Vannmiljø	27,9000	17.10.2018
Forsuringstilstand						
pH	Udefinert	202017	✓	Vannmiljø	8,0039	17.10.2018
Total alkalitet	Udefinert	202016	✓	Vannmiljø	2,3875	16.03.2018
Nitrogenforhold						
Totalnitrogen	☹ Dårlig	202017	✓	Vannmiljø	1427,7778	17.10.2018
Total organisk karbon	☹ Moderat	202012	✓	Vannmiljø	4,2750	29.04.2013
Fosforforhold						
Totalfosfor	😊 God	202016	✓	Vannmiljø	17,7125	17.10.2018

Vannregionspesifikke stoffer

KVALITETSELEMENTER	TILSTAND	ANTALL	DATA FRÅTIL	GYLDIG	KILDE	MAKS	GJENNOMSnitt	MÅLEENHET REGISTRERT DATO
Industristoffer								
Pyrene CAS_129-00-0	☹ Ukjent	1						

<https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/198-39-R>

3/7

3.2.2020		VannNett-Portal				
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,0100 0,0100	16.03.20
Acenaphthylene CAS_208-96-8	☹ 1 Ukjent					
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,0100 0,0100	16.03.20
Chrysene CAS_218-01-9	☹ 1 Ukjent					
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,0100 0,0100	16.03.20
Dibenzo(a,h)anthracene CAS_53-70-3	☹ 1 Ukjent					
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,0100 0,0100	16.03.20
Benzo[a]anthracene CAS_56-55-3	☹ 1 Ukjent					
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,0100 0,0100	16.03.20
Acenaphthene CAS_83-32-9	☹ 1 Ukjent					
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,0100 0,0100	16.03.20
Phenanthrene CAS_85-01-8	☹ 1 Ukjent					
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,0200 0,0200	16.03.20
Fluorene CAS_86-73-7	☹ 1 Ukjent					
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,0100 0,0100	16.03.20
Metaller						
Aluminium CAS_7429-90-5	☹ 1 Ukjent					
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	38,1500 38,1500	16.03.20
Jern og jernforbindelser CAS_7439-89-6	☹ 1 Ukjent					
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	291,5000 291,5000	16.03.20
Mangan og manganforbindelser CAS_7439-96-5	☹ 1 Ukjent					
Ferskvann - Udefinert	☹ Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	26,3500 26,3500	16.03.20

3.2.2020		VannNett-Portal					
Molybden og molybdenforbindelser CAS_7439-98-7	 Ukjent 1						
Ferskvann - Udefinert	 Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,1595	0,1595	16.03.20
Arsenik og arsenikforbindelser CAS_7440-38-2	 God 1						
Ferskvann - Udefinert	 God	202016	✓	Vannmiljø	0,1855	0,1855 µg/l	17.10.20
Krom og kromforbindelser CAS_7440-47-3	 God 1						
Ferskvann - Udefinert	 God	202016	✓	Vannmiljø	0,2285	0,2285 µg/l	16.03.20
Kobolt og koboltforbindelser CAS_7440-48-4	 Ukjent 1						
Ferskvann - Udefinert	 Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,2055	0,2055	16.03.20
Kobber og kobberforbindelser CAS_7440-50-8	 God 1						
Ferskvann - Udefinert	 God	202016	✓	Vannmiljø	0,7970	0,7970 µg/l	16.03.20
Vanadium og vanadiumforbindelser CAS_7440-62-2	 Ukjent 1						
Ferskvann - Udefinert	 Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	0,2160	0,2160	16.03.20
Sink og sinkforbindelser CAS_7440-66-6	 God 1						
Ferskvann - Udefinert	 God	202016	✓	Vannmiljø	0,5490	0,5490 µg/l	16.03.20
Ukjent							
Magnesium CAS_7439-95-4	 Ukjent 1						
Ferskvann - Udefinert	 Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	8,2600	7,1720	16.03.20
Kalium CAS_7440-09-7	 Ukjent 1						
Ferskvann - Udefinert	 Ukjent	202016	✓	Vannmiljø	4,5700	4,5700	16.03.20
Natrium CAS_7440-23-5	 Ukjent 1						

3.2.2020

VannNett-Portal

Ferskvann - Udefinert			202016	✓	Vannmiljø	7,8700	7,8700		16.03.20
	Ukjent								
Strontium CAS_7440-24-6		1							
	Ukjent								
Ferskvann - Udefinert			202016	✓	Vannmiljø	147	147		16.03.20
	Ukjent								
Antimony CAS_7440-36-0		1							
	Ukjent								
Ferskvann - Udefinert			202016	✓	Vannmiljø	0,0457	0,0457		16.03.20
	Ukjent								
Barium CAS_7440-39-3		1							
	Ukjent								
Ferskvann - Udefinert			202016	✓	Vannmiljø	20,5500	20,5500		16.03.20
	Ukjent								
Kalsium CAS_7440-70-2		1							
	Ukjent								
Ferskvann - Udefinert			202016	✓	Vannmiljø	44,9000	39,2813		16.03.20
	Ukjent								

Kjemisk tilstand

Kjemisk tilstand

God

Presisjon

Høy

KVALITETSELEMENTER	TILSTAND	ANTALL	DATA FRÅTIL	GYLDIG	KILDE	MAKS	GJENNOMS SNITT	ENHET	REGISTR DATO
Industristoffer									
Antracen CAS_120-12-7		1							
	God								
Ferskvann - Udefinert			202016	✓	Vannmiljø	0,0100	0,0100	ng/l	16.03.20
	God								
Naftalen CAS_91-20-3		1							
	God								
Ferskvann - Udefinert			202016	✓	Vannmiljø	0,0300	0,0300	ng/l	16.03.20
	God								
Andre stoffer									
Benzo(g,h,i)perylene CAS_191-24-2		1							
	God								
Ferskvann - Udefinert			202016	✓	Vannmiljø	0,0100	0,0100	ng/l	16.03.20
	God								
Indeno(1,2,3-cd)pyren CAS_193-39-5		1							
	God								
Ferskvann - Udefinert									

https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/198-39-R

8/7

3.2.2020

VannNett-Portal



202016



Vannmiljø,0100

0,0100

ng/l

16.03.2018

God

Benzo(b)fluoranten
CAS_205-99-2

1

God

Ferskvann - Udefinert



202016



Vannmiljø,0100

0,0100

ng/l

16.03.2018

God

Fluoranten CAS_206-
44-0

1

God

Ferskvann - Udefinert



202016



Vannmiljø,0100

0,0100

ng/l

16.03.2018

God

Benzo(k)fluoranten
CAS_207-08-9

1

God

Ferskvann - Udefinert



202016



Vannmiljø,0100

0,0100

ng/l

16.03.2018

God

Benzo(a)pyrene
CAS_50-32-8

1

God

Ferskvann - Udefinert



202016



Vannmiljø,0100

0,0100

ng/l

16.03.2018

God

Metaller

Bly CAS_7439-92-1



1

God

Ferskvann - Udefinert



202016



Vannmiljø,0408

0,0408

µg/l

16.03.2018

God

Kvikksølv CAS_7439-
97-6

1

God

Ferskvann - Udefinert



202016



Vannmiljø,0020

0,0020

µg/l

16.03.2018

God

Nikkel CAS_7440-02-0



1

God

Ferskvann - Udefinert



202016



Vannmiljø,3750

1,3750

µg/l

16.03.2018

God

Kadmium CAS_7440-
43-9

1

God

Ferskvann - Udefinert



202016



Vannmiljø,0020

0,0020

µg/l

16.03.2018

God