

BERGEN KOMMUNE

# TILTAKSPLAN, FORURENSET GRUNN

ETABLERING AV AVSKJÆRENDE GRØFT, SLETTEBAKKEN DEPONI



## SAMMENDRAG

I forbindelse med sanering av det gamle avfallsdeponiet på Slettebakken, har COWI AS på oppdrag for Bergen kommune utarbeidet en tiltaksplan for etablering av avskjærende grøft mellom deponiet og omkringliggende terreng. Formålet med den avskjærende grøften er å redusere mengden overflatevann som i dag infiltrerer inn på deponiet. Nedbørsfeltet rundt deponiet er stort og fører til at det i kraftige nedbørsperioder står vannspeil på store deler av deponioverflaten og at jordmassene ned til fjell er vannmettet. En slik grøft vil redusere nedbørsfeltet med 59 601 m<sup>2</sup>, noe som tilsvarer i underkant av 50 % av dagens nedbørsfelt. Ved å redusere mengdene overvann inn på deponiet vil grunnvannsstanden senkes, og det vil føre til mindre behov for behandling av forurenset grunnvann under sanering av deponiet. Denne tiltaksplanen gjelder etablering av avskjærende grøft, ikke fullstendig sanering av deponiet som er planlagt utført på et senere tidspunkt.

Det er utført en rekke miljøtekniske grunn- og vannundersøkelser på deponiet over en lengre periode (2006-2013). Undersøkelsene viste at forurensningen er inhomogen og at det er enkeltforbindelser over grenseverdiene for tilstandsklasse V. Deponiet var opprinnelig et myrømråde og organisk innhold (TOC) er over 10 % i de fleste prøvene.

Jordmassene som graves opp fra grøftetraséen skal legges i ranker, prøvetas og tildekkes med tett duk på deponioverflaten i påvente av analysesvar. Det skal under anleggsarbeidene skilles mest mulig mellom masser som inneholder avfall og avfallsfrie masser. Jordprøvene skal analyseres for miljøgiftinnhold og organisk innhold (TOC). I forbindelse med etablering av den avskjærende grøften skal det utføres et pilotprosjekt for sortering av deponimasser. Entreprenører som er blitt prekvalifisert til å være med på anbudskonkurransen for sanering av deponiet kan hente ut avfallsmasser og utføre tester på å sortere ut avfallsfraksjoner som metall og glass som kan leveres til resirkulering. Formålet med dette er å utvikle en metode som fungerer til å sortere massene fra deponiet når saneringsarbeidet på Slettebakken starter opp slik at andelen masser som må leveres til sluttdeponering blir redusert mest mulig.

Vann skal pumpes fra gravegrøft til et vannbehandlingsanlegg som skal bestå av et sedimentasjonstrinn og et infiltrasjonstrinn før det slippes ut på overvannsnett som går til Tveitavannet. Det skal tas regelmessige vannprøver under anleggsperioden for å kontrollere om vannbehandlingsanlegget fungerer optimalt.

Anleggsarbeidene har planlagt oppstart våren 2020, og estimert anleggstid er 4-5 måneder.

Tittel:	Tiltaksplan, forurenset grunn, etablering av avskjærende grøft, Slettebakken deponi		
COWI-kontor:	COWI Bergen		
Oppdrag nr.:	A124245	Rapportnummer	01
Utgivelsesdato:	20.12.2019	Antall sider:	27
Tilgjengelighet:	Åpen	Antall vedlegg:	3
Utarbeidet:	Elisabeth Nesse	Sign.	<i>Elisabeth Nesse</i>
Kontrollert:	Aud Venke Sundal	Sign.	<i>Aud Sundal</i>
Godkjent:	Elisabeth Nesse	Sign.	<i>Elisabeth Nesse</i>
Oppdragsgiver:	Bergen kommune	Oppdragsgivers kontaktperson:	Gry Brandin Stenersen
Stikkord:	Tiltaksplan, deponi, overvann, vannbehandling, utslipp til resipient		
Foto på forside:	Slettebakken deponi, juni 2019.		

Rapport versjon:	Dato:	Signatur:
01	07.01.2020	<i>Elisabeth Nesse</i>

## INNHOOLD

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Områdebeskrivelse	5
1.3	Historikk	6
1.4	Fremmede arter	7
2	Planlagt tiltak	9
2.1	Grøft	9
2.2	Pilotprosjekt, sanering av avfallsmasser	10
2.3	Håndtering av vann i anleggsfasen	11
3	Tidligere undersøkelser	11
3.1	Jord	11
3.2	Grunnvann	15
3.3	Resipient, Tveitavannet	16
3.4	Tilstand resipient	20
4	Tiltaksplan	20
4.1	Miljømål og akseptkriterier	20
4.2	Massehåndtering og transport	21
4.3	Vannbehandling	22
4.4	Prøvetaking i anleggsfasen	24
4.5	Sikring, beredskap og kontrolltiltak	25
4.6	Sikring for menneskelig eksponering i anleggsperioden	25
4.7	Kvalifikasjoner	26
4.8	Dokumentasjon av tiltaket	26
4.9	Registrering i grunnforurensningsdatabasen	27
5	Vedlegg	27
6	Referanser	27

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Bergen kommune skal sanere det gamle avfallsdeponiet på Slettebakken. Mengde avfall og myr/løsmasser iblandet avfall er estimert til å være av størrelsesorden 175 000 m<sup>3</sup>. Estimater er noe usikkert som følge av få skovlboringer i noen deler av deponiet (AsplanViak, Volumberegninger - Slettebakken avfallsdeponi, 2007).

Fra tidligere miljøtekniske grunnundersøkelser er det gitt at etablering av overvannsgrøften innebærer graving i forurensede masser. Det vil også oppstå behov for behandling av forurenset vann i anleggsperioden.

I henhold til forurensningsforskriften kapittel 2 skal det utarbeides en tiltaksplan for planlagte terrenginngrep i forurenset grunn.

## 1.2 Områdebeskrivelse

Tiltaksområdet ligger sør for Bergen sentrum, nedenfor fjellsiden opp til Mannsverk/Landås og videre opp til Ulriken, se Figur 1. Deponioverflaten ligger omtrent på kote 70, og nærmeste resipient er Tveitavannet, lokalisert ca. 200 meter nord for deponiet.

Deponiområdet var opprinnelig en myr, og det ble gravd sjakter i myra som ble fylt med avfall som igjen ble tildekket med myrmasser. Deponiet ligger i en forsenkning i terrenget som opprinnelig mottok avrenning fra et nedbørsfelt på totalt 185 000 m<sup>2</sup>. Dette er nå noe redusert da nedbørsfeltet sør for deponiområdet er påkoblet overvannsnett. I tillegg er det tilsig av grunnvann hvor bidraget er av ukjent størrelse.



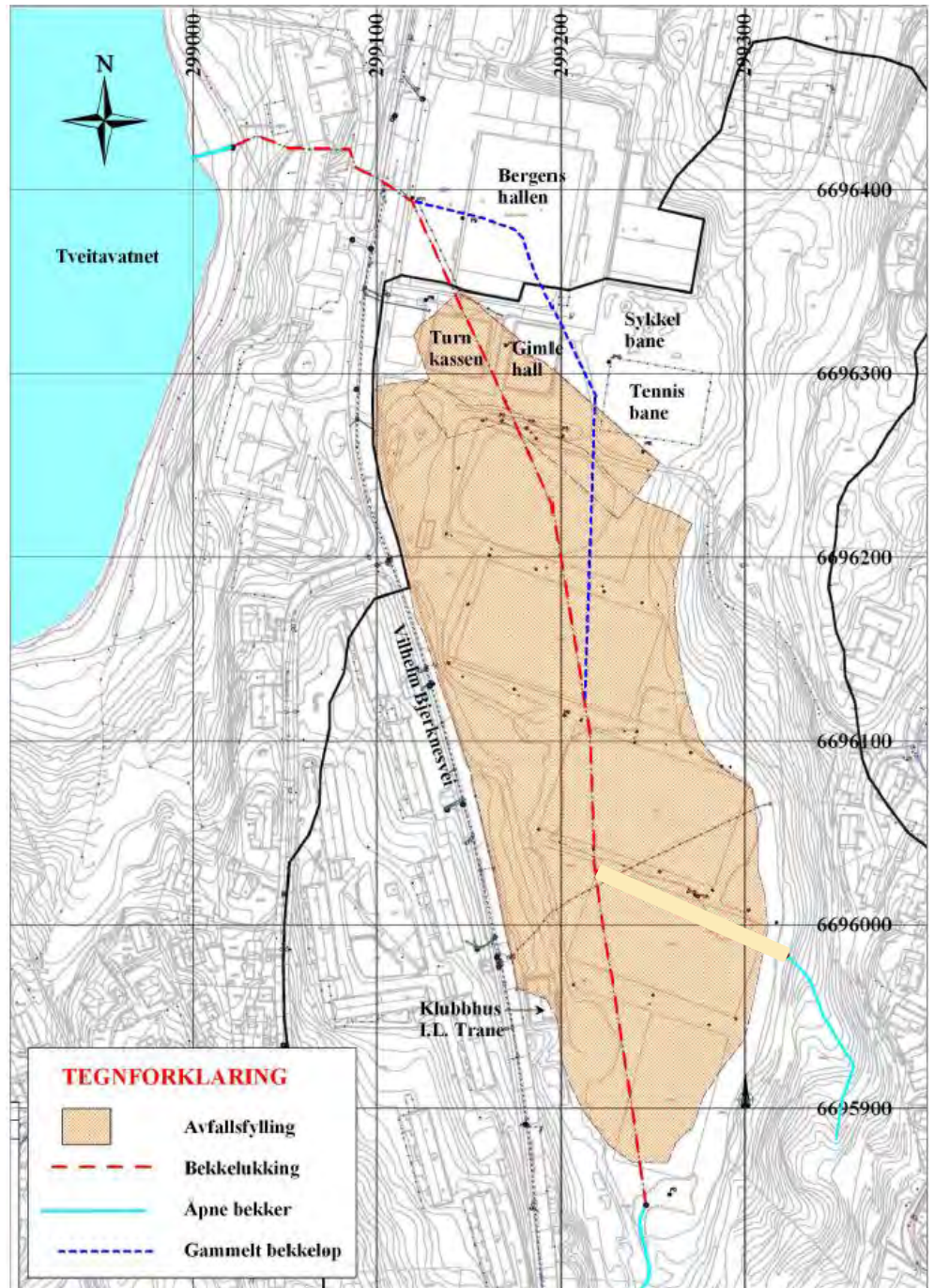


Figur 1: Oversiktskart. Slettebakken, markert med rød ring, ligger sør for Bergen sentrum. Deponiet er lokalisert på kote 70, nedenfor fjellsiden opp mot Mannsverk/Landåsområdet.

### 1.3 Historikk

Det nedlagte avfallsdeponiet ble anlagt i 1940 uten bunntetting eller oppsamlingssystem for sigevann. Bergen kommune fikk akutt behov for et nytt bosdeponi under andre verdenskrig da fjorden utenfor Bergen ble minelagt og man ikke kunne laste husholdningsavfallet over på lektere for transport til Kollevågen på Askøy. Det ble derfor vedtatt å anlegge et deponi på Slettebakksmyren. Det ble gravde sjakter hvor det ble deponerte avfallet ned i og tildekket umiddelbart med myrmasse for å starte en gjæringsprosess som brøt ned avfallet. Virksomheten ble nedlagt i 1961.

Avfallet som ble deponert kommer i hovedsak fra husholdninger, men det er ikke sortert eller kontrollert. Sammensetningen kan variere sterkt, og avfallsdeponiet er fremdeles en forurensningskilde som drenerer til Tveitevatnet. I Figur 2 er omtrentlig utstrekning av deponiet tegnet inn. Hele randsonen til deponiet er ikke kontrollert, men linjen er satt ut fra gamle flyfoto, prøvegravinger og annen tilgjengelig informasjon.



Figur 2: Deponiets utstrekning, med omtrentlig avgrensning markert med lysebrun farge. Deponioverflaten er estimert til å være på 58 000 m<sup>2</sup> (AsplanViak, Miljøtekniske grunnundersøkelser og risikovurdering ved Slettebakken, Del 1, 2006).

#### 1.4 Fremmede arter

En tiltaksplan skal omhandle graving, transport og planlagt sluttdeponering av forurensete masser. Den skal også ta for seg tiltak for å redusere faren for spredning av forurensning til vann og jord under og etter tiltak.



Behandling av jordmasser som inneholder fremmede arter er likevel tatt med her da tiltak for fjerning og sluttddisponering av slike masser i hovedtrekk er lik som for forurenset jord. Jord som inneholder fremmede plantearter sendes til samme anlegg som har tillatelse til å ta imot forurensete masser.

I databasen [www.miljostatus.no](http://www.miljostatus.no) er det kun registrert forekomst av fremmedarten brunskogsnegle innenfor tiltaksområdet. Det er derimot kjente forekomster av parkslirekne som ikke er registrert, se Figur 3 og Figur 4. Parkslirekne er en fremmed art i Norge, og det er ikke lov til å spre den til nye områder. Det er derfor behov for tiltak ved graving i berørte områder.



Figur 3: Parkslirekne på parkeringsplassen sør for turnkassen og tennishallen.



Figur 4: Oversiktskart for observerte forekomster av parkslirekne i tilknytning til deponiet og området hvor det er planlagt gravearbeider for etablering av ny avskjærende grøft og overvannsledning.



## 2 Planlagt tiltak

### 2.1 Grøft

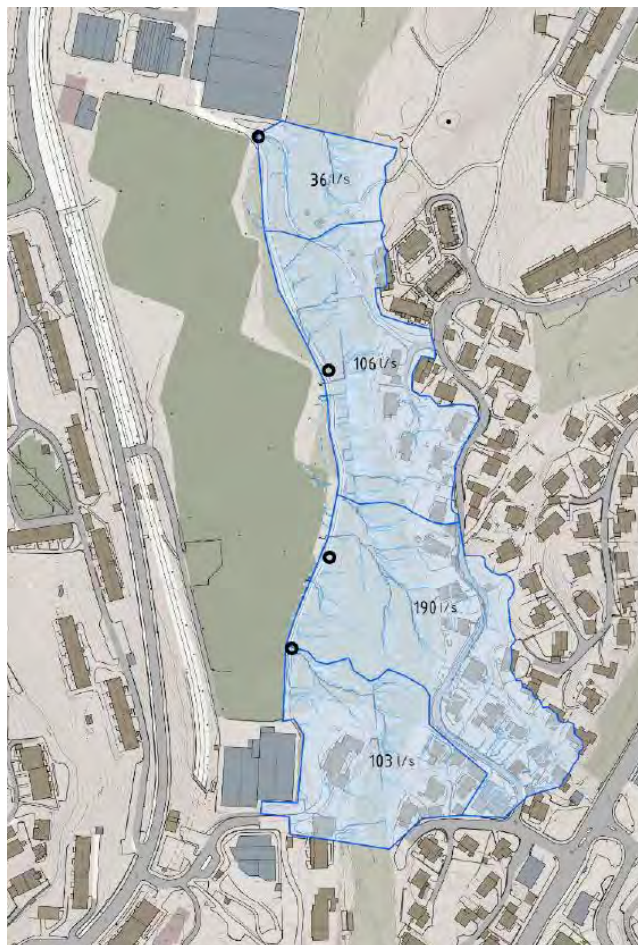
I nedbørsperioder er det et stort åpent vannspeil på store deler av deponioverflaten. Området står delvis under vann, og dette vannet er i kontakt med grunnvannet da deponimassene er vannmettet.

For å redusere mengdene forurenset vann som må behandles når Slettebakken deponi skal saneres, skal det etableres avskjærende grøft i randsonen mellom deponioverflaten og tilgrensende terreng i øst, se Figur 5 hvor avskjærende grøft er markert som en rød stiplet linje. Den avskjærende grøften skal kobles inn på en ny overvannsledning som skal legges vest for eksisterende sti i randsonen mot deponiet, overvannsledningen er markert som sort stiplet linje i Figur 5. Den nye overvannsledningen skal kobles på eksisterende overvannskum nedstrøms deponiet, markert som Eks. i samme figur.

Nedbørsfeltet med tilrenning mot den avskjærende grøften har et samlet areal på 59 601 m<sup>2</sup>, se Figur 6. Estimert utstrekning på deponiet er på 58 000 m<sup>2</sup>, og ved å etablere den avskjærende grøften vil nedbørsfeltet bli tilnærmet halvert. Dette vil redusere grunnvannshøyden og vannspeilet på overflaten av deponiet.



Figur 5: Oversikt over planlagt lokalisering av ny overvannsledning (sort stiplet linje) og avskjærende grøft (rød stiplet linje).



Figur 6: Nedbørsfelt med tilrenning til avskjærende grøft.

## 2.2 Pilotprosjekt, sanering av avfallsmasser

I forbindelse med at det skal graves i randsonen til deponiet for etablering av avskjærende grøft, skal avfallsmassene brukes til pilotprosjekt for sanering av deponimassene. Bergen kommune vil gi entreprenører som er prekvalifisert til å gi tilbud på entreprisen med saneringsarbeidene muligheten til å hente ut masser til et pilotprosjekt for håndtering av avfallsmassene. Mengder masser som må tas ut til pilotprosjekt er avhengig av hvor mange entreprenører som blir prekvalifisert til saneringsarbeidene. Ved å gjennomføre et pilotprosjekt før sanering av deponiet starter får man mer informasjon om hvilke muligheter for sortering, gjenbruk og deponering av avfallsmassene. Rene fraksjoner som kan gå til gjenbruk er blant annet glass, metall og stor stein. Det er estimert at deponiet inneholder 175 000 m<sup>3</sup> med avfall iblandet forurenset jord. Skal disse massene leveres som de er til godkjent mottak, vil det bli et svært kortbart prosjekt. Det er derfor behov for å undersøke om det er mulig å sortere ut rene fraksjoner som kan gjenbrukes.

I estimert mengde er ikke underliggende myrmasser og tildekkingslaget medregnet. Disse massene er også i ulik grad forurenset og en større andel av disse må også leveres til godkjent mottak.

For at entreprenørene skal få lov til å hente ut masser til å utføre et eget pilotprosjekt, må de dokumentere at de har egnede nedstrømsløsninger slik at avfallsfraksjoner og forurensede masser blir håndtert korrekt og at en eventuell forurenset restfraksjon blir levert til godkjent mottak. De må utarbeide sluttrapport hvor de dokumenterer hva som er utført av sortering og hvor alle massene er levert.

Eksakt avgrensning av deponiet mot terrenget mot øst er noe usikker. Det er derfor usikkert hvor store mengder deponimasser man vil påtreffe ved etablering av overvannsledningen. Dersom det ikke påtreffes tilstrekkelig mengde med deponimasser for å kunne utføre pilotprosjekt på disse massene må det graves noe lengre inn i deponiet for å hente ut mer representative deponimasser. Dette avklares med byggherren underveis i gravearbeidene.

Planlagt oppstart anleggsarbeider er våren 2020, og estimert anleggsperiode er på 3 – 5 måneder.

### 2.3 Håndtering av vann i anleggsfasen

Det vil være behov for å redusere grunnvannsspeilet for å få lagt ned rør i overvannsgrøften. Det er derfor et midlertidig behov i anleggsfasen for å pumpe bort vann fra grøftetraseen. Dette vannet er mest sannsynlig forurenset og må behandles før det slippes ut på overvannsnett.

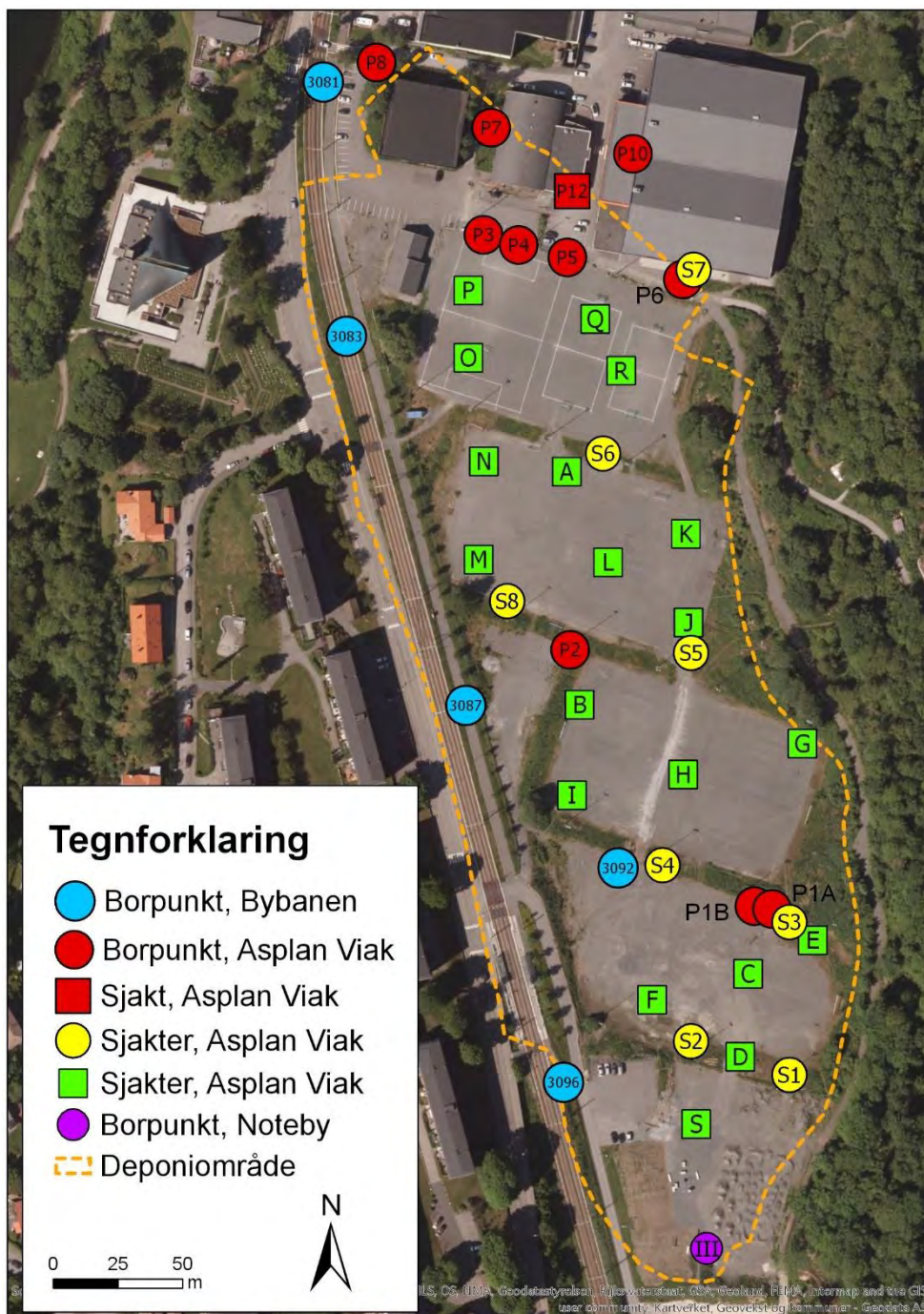
## 3 Tidligere undersøkelser

Det foreligger resultater fra en rekke miljøtekniske grunnundersøkelser som har blitt utført i perioden 2006 – 2013, og forurensningsbildet over området er nokså klart. Det er derfor ikke gjort en spesifikk miljøteknisk grunnundersøkelse i forkant av denne tiltaksplanen. Selv om eksakt utstrekning av deponiet ikke er kjent, kan man anta fra tidligere undersøkelser at det er stor sannsynlighet for at jordmassene hvor deler av overvannsgrøften skal etableres er forurenset, og det vil være behov for supplerende prøvetaking i anleggsfasen.

### 3.1 Jord

I Figur 7 er alle prøvepunkter tegnet inn. Dette gjelder både brønner og sjakter tilknyttet de ulike undersøkelsene som er utført i området. Det er ikke tatt prøver fra samme dyp i alle punktene, og det er ikke analysert for de samme parametrene i alle prøvene. Analysene viser at det generelt er høyest konsentrasjoner av miljøgifter i massene under en meter. Dette samsvarer med at det er et tildekkingslag av rene masser på ca. 0,5 - 1 meter over hele deponioverflaten.





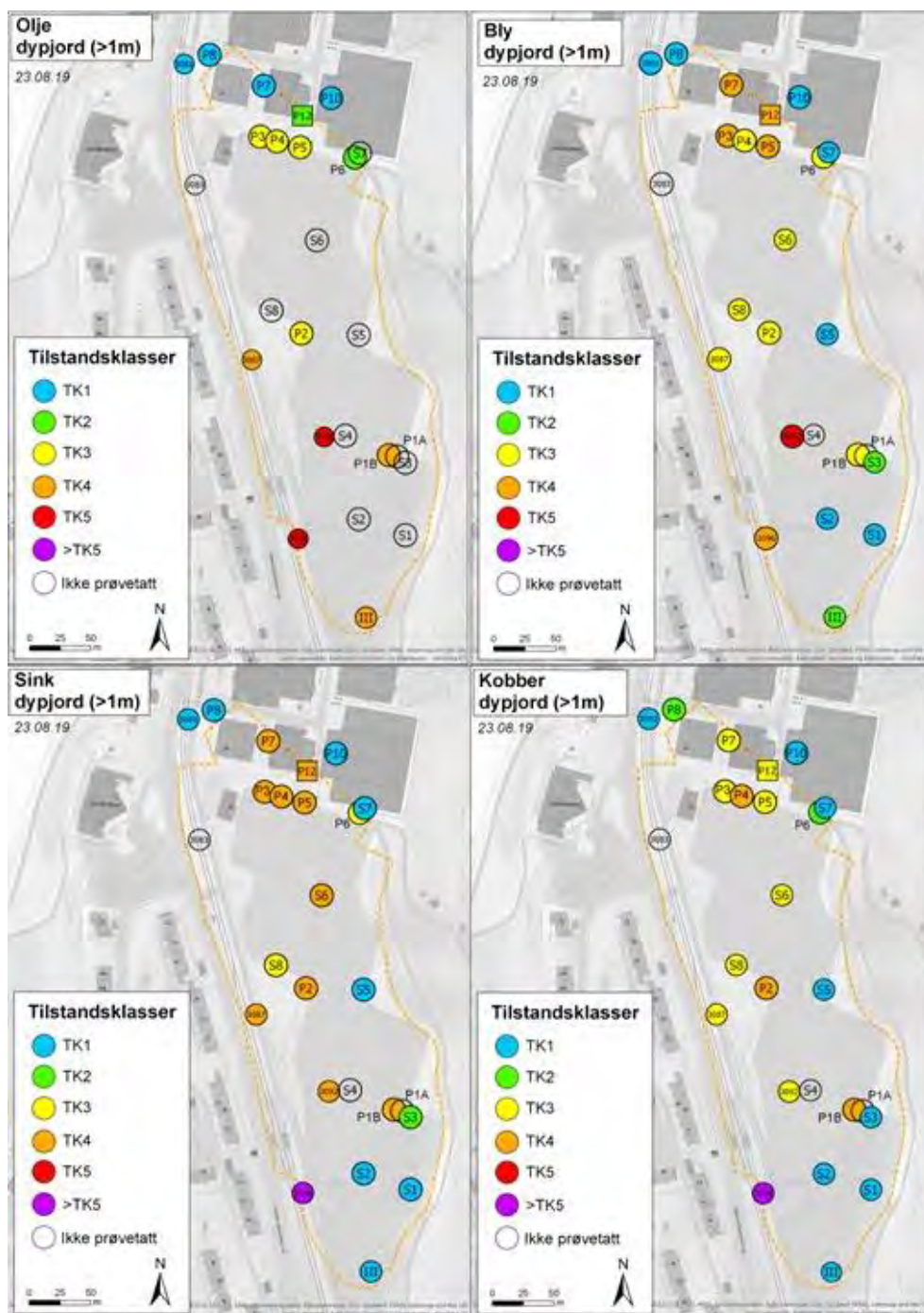
Figur 7 Plassering av prøvelokaliteter på Slettebakken avfallsdeponi.

Forurensningen i deponiet er ikke homogen. Det er store variasjoner i konsentrasjoner med tydelige "hot-spots". I Figur 8 er analyseresultatene for dypjord (dypere enn 1 m) for olje, bly, sink og kobber fargelagt i henhold til tilstandsklasser gitt i veilederen *Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn*, TA 2553/2009, Tabell 1. For en fullstendig oversikt av alle parametrene som har konsentrasjoner fra tilstandsklasse II og oppover henvises det til beskrivende kart i vedlegg 1. Det er olje, bly, sink og kobber som har konsentrasjoner som tilsvarer høyest tilstandsklasser i henhold til veileder TA 2553/2009.



Tabell 1: Tilstandsklasser for forurenset grunn og beskrivelse av tilstand (Miljødirektoratet, 2009).

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



Figur 8: Analyseresultater for olje, bly, kobber og sink fargelagt etter inndeling i tilstandsklasser gitt i veileder TA 2553/2009 (Miljødirektoratet, Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn, 2009).

Som det går frem av inndelingen i tilstandsklasser i Figur 8, er det generelt høyest tilstandsklasser fra midt på området og nordover helt frem til der det antas at overgangen fra deponi til omkringliggende terreng er. Det er helt i sørvest en "hot-spot" hvor sink og kobber er over den øvre grenseverdien for tilstandsklasse 5 og kan derfor anses som farlig avfall (markert med lilla ring). Dette prøvepunktet ligger innenfor bybanetraseen og massene herifra ble fjernet og levert til godkjent mottak under anleggsarbeidene for etablering av bybanen.

Som følge av at Slettebakken opprinnelig var en gammel myr, er det høyt organisk innhold (TOC) i massene. De fleste mottak av forurensede masser har grenseverdi på 5 – 10 % innhold av TOC og kan ikke motta forurensede masser med TOC over dette. Det ble i 2008 utført prøvetaking hvor det ble tatt prøver av avfallsmassene og underliggende torvmasser som ble sendt til analyse. Prøvepunktene er markert i Figur 7 med S1-S8. Analyseresultatene for TOC er sammenstilt i Tabell 2.

Tabell 2: Sammenstilling TOC-konsentrasjoner i avfallsmasser og underliggende torv og leire.

	Prøvedyp (m)	TOC (%)	Type masser
S1-3	0,5-1,4	23,5	Avfall
S1-2	1,4-2,5	18	
S1-1	2,5-2,8	39,5	Torv
S2-3	0,5-1,4	22,5	Avfall
S2-2	1,4-2,5	14	
S2-1	2,5-2,8	54,8	Torv
S3-3	0,8-2,6	12	Avfall
S3-2	2,6-3,6	15,5	
S3-1	3,6-4,4	20,3	
S4-3	0,4-2,0	13,5	Avfall
S4-2	2,0-3,5	14,8	
S5-3	0,8-2,0	13,5	Avfall
S5-2	2,0-3,6	14,8	
S5-1	3,6-3,9	49,5	Torv
S6-2	2,7-3,8	11	Avfall
S6-1	3,8-5	17,4	
S7-2	2,3-5,0	11,5	Avfall
S7-1	5-5,3	54,3	Torv
S8-3	0,1-1,9	26,5	Avfall
S8-2	1,9-3,1	13	
S8-1	3,1-3,4	1,7	Leire

Gjennomsnittlig innhold av TOC i avfallsmassene er på 16,4 %, mens TOC i underliggende torvlag er gjennomsnittlig 49,5 %.

### 3.2 Grunnvann

Grunnvannsbrønnene ble satt ned i 2006, og i den forbindelse ble det tatt vannprøver i to runder, september og november 2006 (AsplanViak, Miljøtekniske grunnundersøkelser og risikovurdering ved Slettebakken, Del 1, 2006). Det er også gjennomført en prøvetakingsrunde høsten 2019 i 6 av 9 brønner som fortsatt står på området. Plassering av grunnvannsbrønner er tegnet inn i Figur 7 som røde punkt og er merket med P1 - P10.

Prøvene ble analysert for standard sigevannsparemetere hvor det i tillegg til forurensningsparameterne metaller, PCB<sub>7</sub> og PAH<sub>16</sub> inngår ammonium, suspendert stoff, konduktivitet m.fl. Se vedlagt rapport fra prøvetakingen utført i 2019 for fullstendig liste, vedlegg 2.

Analyseresultatene fra 2006 har høyere rapporteringsgrense og er ikke direkte sammenlignbare med resultatene fra undersøkelsen utført i 2019. Nedenfor er derfor bare analyseresultatene fra prøvetakingen utført høsten 2019 presentert i Tabell 4. Analyseresultatene er fargelagt etter tilstandsklasser for ferskvann gitt i veilederen *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*, M-608. Enkelte analyseresultater for alle PAH-forbindelsene og noen av metallene er fargelagt med en lysere grønn og gul farge. Dette gjelder for de forbindelsene hvor rapporteringsgrensen til analysemetodene som er benyttet ligger innenfor tilstandsklasse II eller III og konsentrasjonene til forbindelsene er under rapporteringsgrensen men kan være i tilstandsklasse II eller III.

For brønn 8 var det dårlig tilsig av nytt grunnvann etter at brønnen var pumpet tom før prøvetaking. Det var derfor ikke nok vann til å utføre alle de samme analysene som for resten av brønnene.

Tabell 3: Klassifiseringssystem for vann og sedimenter (Miljødirektoratet, 2016).

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtidseksposering	Akutte toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC <sub>akutt</sub>	Øvre grense: PNEC <sub>akutt</sub> *AF <sup>1)</sup>	

Som vist i Tabell 4 ble det ikke påvist PCB<sub>7</sub> eller olje i noen av prøvene. For PAH-forbindelsene ble det påvist indeno(1,2,3-cd)pyren og pyren i tilstandsklasse IV i henholdsvis brønn 8 og brønn P1B. Fluoranten er i tilstandsklasse III i brønn P1B, P3 og P6, mens benzo(a)pyren er i tilstandsklasse III i brønn P8. Naftalen er i tilstandsklasse III i brønn P1B. Resterende PAH-forbindelser som er påvist over rapporteringsgrensen er i tilstandsklasse II.

Tabell 4: Sammenstilling analyseresultater grunnvann klassifisert etter klassifiseringssystem for ferskvann gitt i veileder M-608. Parametere som det ikke finnes tilstandsklasser for er ikke fargelagt.

		P1B	P2	P3	P4	P6	P8
Sink (Zn)	µg/l	7,4	8,8	130	140	2,3	82
Kobber (Cu)	µg/l	1,4	2,3	10	6,0	0,94	22
Bly (Pb)	µg/l	1,3	0,43	6,1	0,87	< 0,20	1,4
Kadmium (Cd)	µg/l	< 0,010	0,013	0,043	0,067	< 0,010	0,11
Nikkel (Ni)	µg/l	< 0,50	4,5	4,8	11	0,92	7,4
Krom (Cr)	µg/l	3,4	0,68	3,0	< 0,50	0,68	3,0
Arsen (As)	µg/l	1,0	1,5	1,4	5,2	0,53	2,0
Kvikksølv (Hg)	µg/l	0,009	< 0,005	0,024	0,021	< 0,005	0,189
Naftalen	µg/l	4,2	< 0,010	0,025	< 0,010	0,013	< 0,010
Acenaftylen	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Acenaften	µg/l	0,45	< 0,010	0,041	0,021	< 0,010	< 0,010
Fluoren	µg/l	0,22	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fenantren	µg/l	0,23	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Antracen	µg/l	0,015	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoranten	µg/l	0,042	< 0,010	0,014	< 0,010	0,010	< 0,010
Pyren	µg/l	0,024	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[a]antracen	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Krysen/Trifenylen	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[b]fluoranten	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[k]fluoranten	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[a]pyren	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,010
Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/l	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,0043
Dibenzo[a,h]antracen	µg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[ghi]perylen	µg/l	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,0047
Sum PAH(16) EPA	µg/l	5,2	ND	0,090	0,021	0,023	0,019
Benzen	µg/l	1,0	< 0,10	0,54	0,62	0,20	
Toluen	µg/l	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	
Etylbenzen	µg/l	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	
m,p-Xylen	µg/l	0,38	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	
o-Xylen	µg/l	0,39	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	
Xylener (sum)	µg/l	0,76	ND	ND	ND	ND	
Sum 7 PCB	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Olje i vann C10-C40	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	

ND=Not Detected (ikke påvist)

Sink og kobber er påvist i tilstandsklasse IV og V i flere brønner. Krom og kvikksølv er påvist i tilstandsklasse V i henholdsvis brønn P1B og P8. PAH-forbindelsene indeno(1,2,3-cd)pyren og pyren er påvist i tilstandsklasse IV i en brønn hver. De andre parameterne er påvist i klasse III eller lavere.

Generelt er det påvist minst forurensning i brønn P6 og P2 og høyest i brønn P8 som er plassert nedstrøms deponiområdet.

### 3.3 Resipient, Tveitavannet

Tveitevannet har et overflateareal på omtrent 0,15 km<sup>2</sup>, og dypeste punkt er på ca. 22 meter. Vannet ligger på kote 50.0 og er en del av Fjøsangervassdraget.

Tveitevannet inngår i Statens Vegvesen sitt overvåkingsprogram over veinære innsjøer, og det foreligger derfor en rekke analyseresultater for både vann og sedimenter. Hovedfokuset i disse undersøkelsene er avrenning fra veiarealer, og



det er derfor ikke analysert for alle de samme forurensningsforbindelsene som det er vanlig å analysere for i forbindelse med avfallsdeponier og sigevann. De forurensningsforbindelsene som er relevante for deponiet på Slettebakken er sammenstilt nedenfor i Tabell 5, Tabell 6 og Tabell 8. Analyseresultatene er hentet ut fra Miljødirektoratet sin nettbaserte tjeneste [www.Miljostatus.no](http://www.Miljostatus.no).

Undersøkelsene viser at Tveitavannet er sterkt påvirket av avrenning fra veiarealer og at det er hovedsakelig veisalt som er kilden til forurensning. Vannet er anoksisk fra 8 meters dyp og ned til bunnen på 22 meter (Vegvesen, 2018).

PCB<sub>7</sub> inngår ikke i overvåkingsprogrammet til Statens Vegvesen og er derfor ikke med i disse tabellene. NIVA utførte egne PCB<sub>7</sub> analyser av sedimentene i 2006 som er sammenstilt i Tabell 7 (NIVA, 2007).

### 3.3.1 Sedimenter

Det foreligger analyseresultater fra sedimentundersøkelser utført ved de samme prøvelokalitetene i 1992, 1996, 2005, 2012 og 2015. I 1992 ble prøvene bare analysert for enkelte metaller. De resterende årene er det i tillegg analysert for PAH<sub>16</sub>.

Tabell 5: Sammenstilling metaller klassifisert i tilstandsklasser (Miljødirektoratet, 2016).  
Alle analyseresultater er i µg/kg t.v.

	12.08. 92	31.07. 96		09.11.2005		08.01.2012		05.11.2015	
		0-1 cm	50 cm	0-2 cm	28-30 cm	0-2 cm	35-38 cm	0-5 cm	20-25 cm
Bly	102	140	107	82,5	106	101	133	180	130
Kadmium	3,57	1,64		1,2	0,82	1	1,82	2,1	1,5
Kobber	101	203		154	87,6	192	75,1	230	56
Kvikksølv	0,27	0,304				0,2	0,34		
Krom		50		52,4	69,8	51,8	51,2	64	64
Sink	480	775	367	755	338	706	610	980	440
Nikkel		42,7	39,3	41,3	44,9	38,1	31,7	47	38

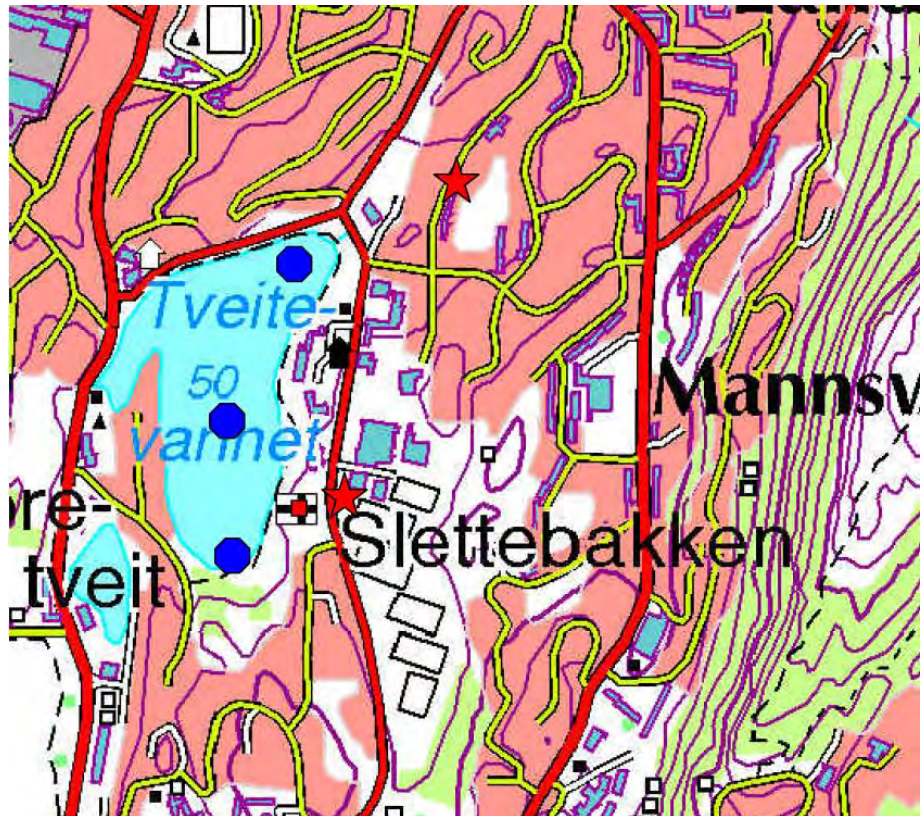
Det er tatt prøver av overflatelaget og dypereliggende sedimenter. For metaller er det generelt høyere konsentrasjoner av alle metallene i overflateprøven sammenlignet med dypereliggende prøve fra samme år. Med unntak av krom, toppsediment i 2005, er det høyest konsentrasjoner av alle metallene i toppsedimentet i 2015.

Tabell 6: Sammenstilling analyseresultater PAH<sub>16</sub> fargelagt etter tilstandsklasser for sedimenter gitt i M-608. Alle analyseresultatene er i µg/kg T.V.

	31.07.1996	09.11.2005	08.01.2012		05.11.2015	
	0-1 cm	0-2 cm	0-2 cm	35-38 cm	0-5 cm	20-25 cm
Naftalen	14	21	380	570	28	26
Acenaften		3,9	61	120	38	26
Fluoren	18	7,8	55	160	280	1400
Fenantren	200	68	210	1200	170	460
Acenaftylen	35	7,3	17	57	28	23
Antracen	47	10	33	200	62	100
Fluoranten	364	130	230	3200	67	36
Pyren	620	260	460	2400	750	1200
Benzo[a]antracen		56	80	1300	240	1100
Krysen/Trifenylen	484				680	1600
Benzo[b]fluoranten					890	2900
Benzo[k]fluoranten		55	87	1200	210	910
Benzo[a]pyren	304	100	170	1600	300	960
Indeno[1,2,3-cd]pyren	345		270	2200	200	890
Dibenzo[a,h]antracen		22			57	190
Benzo[ghi]perylen	504	180	460	2100	240	670

Det er utført PAH<sub>16</sub>-analyser på sedimentprøver i 1996, 2005, 2012 og 2015. De to siste årene ble det utført analyser på toppsediment og underliggende sediment, henholdsvis 35-38 cm og 20-25 cm under overflaten. Som vist i Tabell 6 er det høyest konsentrasjoner av alle PAH-forbindelsene i prøven fra 35-35 cm dyp i 2012. Disse sedimentene er mest sannsynlig eldst og representerer en periode hvor det foregikk større utslipp til Tveitavannet. Dersom man bare sammenligner analyseresultatene for toppsedimentet er resultatene relativt like, men med lavest konsentrasjoner fra prøven tatt i 2005. Analyseresultatene viser at det fortsatt foregår noe spredning av PAH-forurensning til Tveitevannet.

I 2006 ble det tatt tre sedimentprøver i Tveitavannet som ble analysert for PCB<sub>7</sub>. Lokaltetene til prøvene er vist i Figur 9. Som vist i Tabell 7 er det lavest konsentrasjoner i sør og høyest i nord. Prøven tatt lengst mot sør er i tilstandsklasse III, mens de to andre prøvene er i tilstandsklasse IV.



Figur 9: Oversikt prøvetakingspunkter Tveitavannet (blå punkter), (NIVA, 2007).

Tabell 7: Sammenstilling av analyseresultater fargelagt etter tilstandsklasser gitt i M-608.

	Sør	Midt	Nord
PCB <sub>7</sub> (µg/kgTS)	17,7	109,8	175

### 3.3.2 Vann

Det er tatt vannprøver fra Tveitavannet i 2005, 2015 og 2018 som hovedsakelig er undersøkt for avrenning fra veier. I undersøkelsen utført for Statens Vegvesen er det konkludert med at Tveitevannet er sterkt påvirket av veisalt med økende konsentrasjoner av kloridkonsentrasjoner i både topp- og bunnvann (Vegvesen, 2018). Det er tatt vannprøver på 19-22 meters dyp (bunnvann) og 0,5-1 meters dyp (toppvann). Prøvene er analysert for metaller og analyseresultatene er sammenstilt i Tabell 8. Det er ikke analysert for PAH<sub>16</sub> eller PCB<sub>7</sub> i vannfasen. Disse forurensningsforbindelsene er vanligvis partikulært bundet og finnes hovedsakelig i sedimenter.

Tabell 8: Sammenstilling analyseresultater metaller fra Tveitevannet perioden 2005-2018  
(Miljødirektoratet, Vannmiljø)

	09.11.2005	16.12.2010	08.01.2012	05.11.2015	05.11.2018
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kobber topp	0	2,77	2,51	2,4	3,1
Kobber bunn	1,27	2,01	2,58	2,7	1,8
Nikkel topp	0	0,87	0,74	0,66	0,96
Nikkel bunn	0,76	0,78	0,67	0,9	0,97
Krom topp	0	0,1	0,1		
Krom bunn	0,1	0,1	0,1		
Kadmium topp	0	0,009	0,022	0,0081	0,012
Kadmium bunn	0,02	0,008	0,027	0,012	0,004
Bly topp	0	0,229	0,18	0,65	0,11
Bly bunn	0,094	0,072	0,2	0,25	0,19
Sink topp	0	17,2	14,8	11	16
Sink bunn	9,96	10,9	16,1	9,5	6,9

Som vist i tabellen er alle analyseresultatene i tilstandsklasse I og II, med unntak av sink som er i tilstandsklasse IV i toppvann i perioden 2010-2018 og i bunnvann i 2012. Prøven som ble tatt fra overflatevann i 2005 viser konsentrasjoner av alle metaller som 0,0 µg/l. Dette stemmer mest sannsynlig ikke og kan være en analysefeil eller kan analyseresultater som var under rapporteringsgrensen ha blitt satt til lik 0,0.

### 3.4 Tilstand resipient

Som overvåkingen over tid utført av Statens Vegvesen viser foregår det tilføring av forurensning til sedimentene i Tveitevannet. Mulige kilder til forurensning er avrenning fra veier, overvann fra tette flater og fasadematerialer og luftforurensning i tillegg til sigevann fra gamle Slettebakken deponi.

## 4 Tiltaksplan

### 4.1 Miljømål og akseptkriterier

De mest aktuelle miljømålene for området er beskrevet i rapporten *Miljøtekniske grunnundersøkelser og risikovurdering ved Slettebakken* (Asplan Viak, 2006) og vil være beskyttelse av mennesker som oppholder seg på arealene, samt at tiltak ikke skal ha negativ innvirkning på resipienten, i dette tilfellet Tveitavannet.

- > Mennesker som bruker området må ikke bli påvirket av miljøgifter
- > Gassdannelser skal ikke kunne påvirke innemiljøet i eventuelle fremtidige bygg på området
- > Miljøgifter skal ikke kunne spres til overflateresipient



#### 4.1.1 Jord

Etablering av overvannsgrøften er et midlertidig tiltak i forkant av full sanering av Slettebakken avfallsdeponi. Fra veileder TA 2553/2009 defineres arealbruken innenfor tiltaksområdet som følsom. I dette inngår det lekeplasser, boligområder og idrettsanlegg og parker. Reguleringsplan for fremtidig bruk av området er ikke ferdigstilt, men det er bestemt at området skal brukes til idrettsformål, boliger og næring. Sammenhengen mellom tilstandsklasse og arealbruk vil være slik at en lav klasse gir uttrykk for lite forurensning i grunnen. Tilstandsklassene er beskrevet i Tabell 1. Grunn med tilstandsklasse 2 og lavere i toppjord vil være egnet til boliger, barnehager og lekeplasser.

Den avskjærende grøften skal følge en gangsti som er mye brukt av beboerne i området. Det skal legges drenerør fra den avskjærende grøften til overvannsledningen som skal legges ned i randsonen av deponiet. Det vil være behov for tilbakefylling av masser, evt. tilkjøring av rene masser for tildekking av overvannsledningen som legges ned i grøften.

Det vil derfor være krav om at lokale masser som legges tilbake som fyllmasser i toppjord må være i tilstandsklasse I-II, mens tilkjørte masser skal være i tilstandsklasse I.

#### 4.1.2 Vann

Som vist i Tabell 8 er metallkonsentrasjonene i vannprøvene fra Tveitavannet i tilstandsklasse I – II, med unntak av sink som er i tilstandsklasse IV. Sammenlignet med tilsvarende analyser av grunnvannsprøvene fra brønnene i deponiområdet som ble tatt høsten 2019 er konsentrasjonene i Tveitavannet lave. Grunnvannsprøvene gir en indikasjon på kvaliteten på vannet som skal pumpes fra grøftene i anleggsperioden. Metallkonsentrasjonene er jevnt over høyere i grunnvannet enn i Tveitavannet, og det vil være behov for rensing av vannet før det slippes ut på overvannsnett.

### 4.2 Massehåndtering og transport

Massene som må graves opp for å etablere en grøft for overvannsledningen skal legges i ranker på deponioverflaten. De oppgravde massene skal legges slik at vannet infiltrerer ned i grunnen på deponioverflaten. Massene skal prøvetas og deretter tildekkes med tett duk for å hindre utvasking og støvflukt i påvente av at massene skal borttransporteres til godkjent mottak eller hentes av entreprenører for pilotforsøk.

Tidligere undersøkelser viste at det er tydelig lagdeling i massene i deponiet. Overgangen fra tildekkingslaget til avfallsmassene og videre til underliggende torv kan ses. Tildekkingslaget som består av sand/pukk legges for seg, avfallsmassene legges for seg og torvmassene legges for seg.

Massene som inneholder avfall og underliggende torvmasser skal gå til pilotforsøk. Dersom det er restmasser av disse fraksjonene, skal de etter avtale med byggherren leveres direkte til godkjent mottak for forurensede masser.

Analyser av toppjorden viser at disse massene har lavt organisk innhold og er mindre forurenset enn underliggende masser. Dersom analyser viser at disse massene er i tilstandsklasse II eller lavere, kan de gjenbrukes til overdekning i overvannsgrøften. Dersom forurensningsgraden tilsvarer tilstandsklasse III eller høyere, kan ikke massene gjenbrukes som overdekning og de må kjøres til godkjent mottak.

Ved forflytting av gravemaskiner og annet utstyr som brukes i områdene med parkslirekne skal utstyret vaskes før det brukes i ikke-infiserte områder. Skotøy skal også vaskes. Dersom grøftemasser graves opp og lagres på kanten av grøften, kan de legges tilbake på samme sted etter at gravearbeidene er ferdig utført, dersom de møter krav til forurensningsgrad. Med en gang det er behov for å flytte på massene, skal disse leveres til godkjent mottak. Massene skal under ingen omstendighet benyttes i annen jordproduksjon eller der hvor det skal plantes flerårige vekster.

Parkslirekne har rotsystem på opptil 7 meter i utstrekning horisontalt fra planten og kan finnes ned til 3 meters dyp. Planten kan danne nye planter fra en rot/stengel på 1 cm lengde. For å fjerne en forekomst må man fjerne massene i en radius på 7 meter fra synlige planter på overflaten og ned til 3 meters dyp eller ned til grunnfjell.

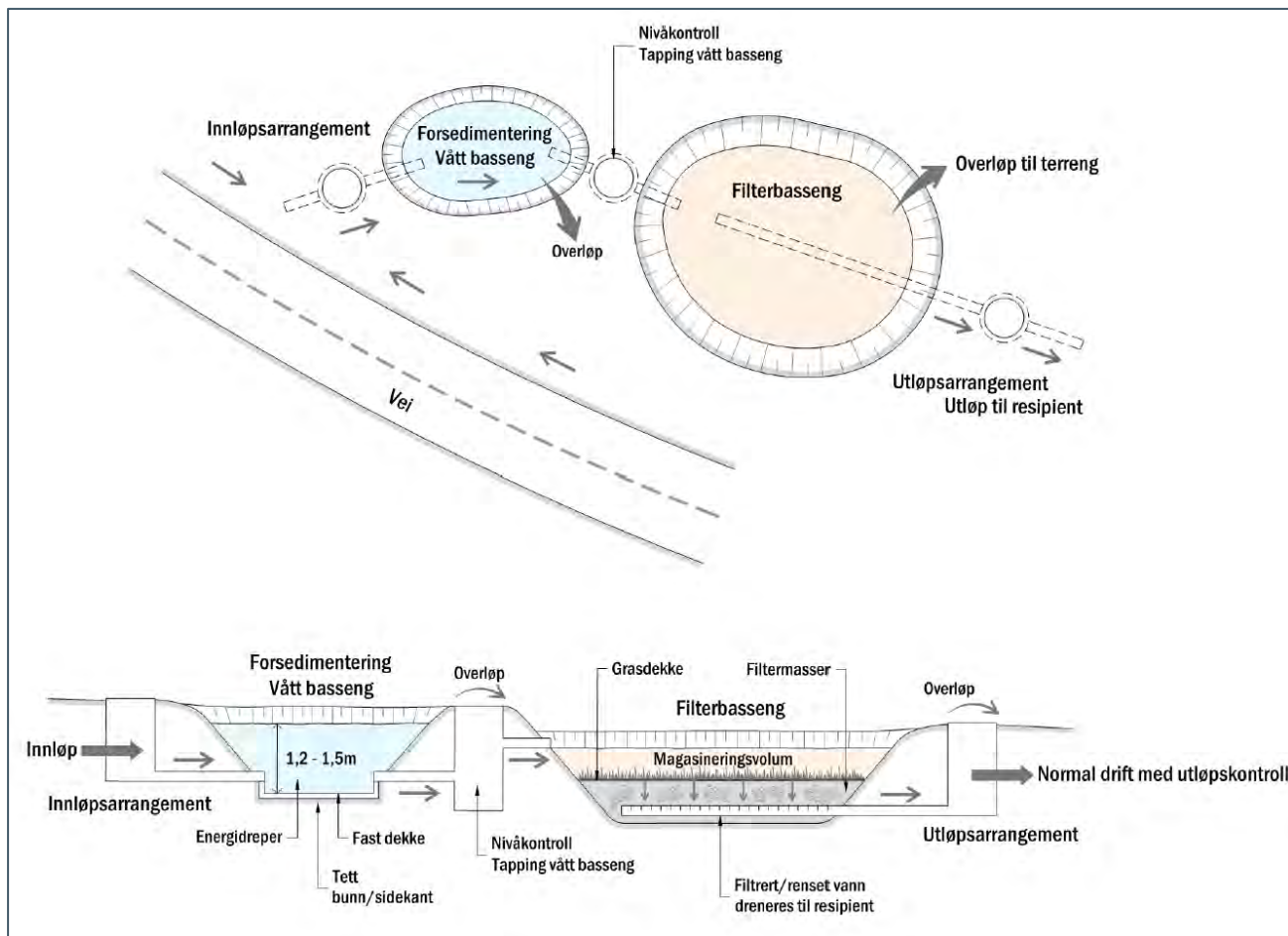
Plantestenglene/greine skal kuttes ned ved roten, pakkes i tett plast, eventuelt tett container, og leveres til forbrenning. Det er viktig å få med alt av plantematerialet. Jordmasser som inneholder røtter skal lastes opp på tett container og leveres til godkjent mottak.

Dersom det oppstår tvil om masser kan inneholde planterester av uønskede arter, skal kyndig personell kontaktes.

Området hvor det er påvist parkslirekne er markert i Figur 3. Massene må ikke blandes med masser som er fri for fremmede arter. Endelig avgrensning av område vil bli utført i felt av byggherre.

### 4.3 Vannbehandling

Som følge av at grunnvannet er forurenset må det behandles før det slippes ut på overvannsledningen for å ikke føre til spredning av forurensning til Tveitavannet. Det vil bli satt opp et infiltrasjonsbasseng med et forsedimentasjonsstrinn hvor vannet pumpes fra grøften til forsedimentasjonsbassenget. og vannet vil deretter ved selvføll gå over i infiltrasjonsbassenget og ut i overvannsledningen. Prinsippskisse for vannbehandlingsanlegg er vist i Figur 10, og plassering på anleggsområdet er vist i Figur 11.

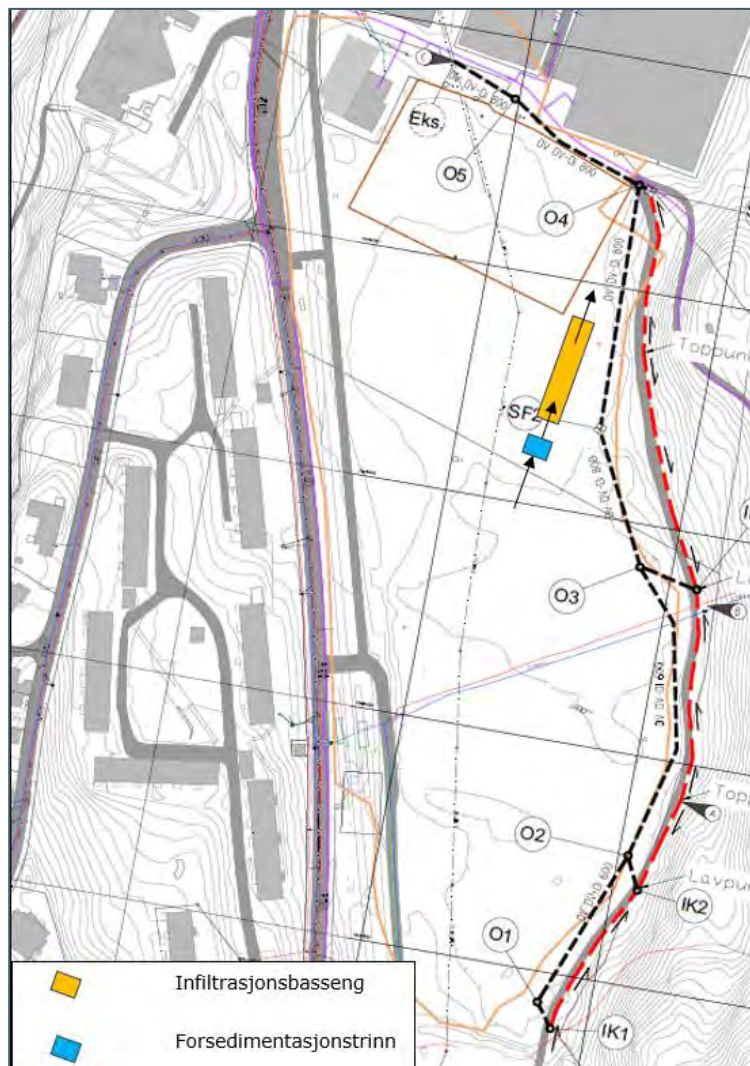


Figur 10: Prinsskisse infiltrasjonsbasseng med forsedimentasjonsstrinn (Vegdirektoratet, 2014).

For å oppnå ønsket renseseffekt som beskrevet i avsnitt 4.1.1 og 4.1.2 dersom det pumpes 50 l/s fra grøftetraseen, bør forsedimentasjonsbassenget være på 75 m<sup>3</sup> og infiltrasjonsbassenget 1500 m<sup>3</sup>. Forsedimentasjonsbassenget kan utformes som en tank og trenger ikke nødvendigvis være svært plasskrevende. Infiltrasjonsbassenget skal være grunt og avlangt hvor vannstrømmen går i lengste retning. Infiltrasjonsbassenget vil derfor bli 30 x 50 meter, og det skal legges et sandlag på 0,5 meter over et drenerør som legges på bunnen. Partiklene vil da bli liggende igjen i sanden slik at det er minst mulig partikler i vannet som går ut.

Ved behov vil sedimenter/slam fra forsedimentasjonsstrinnet bli gravd opp og levert godkjent mottak. Dersom infiltrasjonslaget i infiltrasjonsbassenget går tett som følge av mye finstoff, vil dette bli byttet ut og massene vil bli levert godkjent mottak.

Det ble ikke påvist olje i grunnvannsprøvene som ble tatt høsten 2020, men det kan være olje i enkelte lommer i grunnen som frigis som følge av anleggsarbeidene. Dersom dette oppdages, må vannet ledes gjennom en oljeavskiller før det pumpes inn på forsedimentasjonsstrinnet.



Figur 11: Planlagt plassering av vannbehandlingsanlegg. Vannet vil bli pumpet inn på forsedimentasjonstrinnet og vil derfra renne ved selvføll gjennom infiltrasjonsbassenget og ut på overvannsledningen nedstrøms anleggsområdet.

#### 4.4 Prøvetaking i anleggsfasen

##### 4.4.1 Vann

Det vil bli tatt vannprøver fra innløp og utløp av vannbehandlingsanlegget i hele anleggsperioden. Det skal tas vannprøver ukentlig til stabile konsentrasjoner av utløpsvannet er oppnådd. Deretter skal det tas vannprøver hver 14. dag i hele anleggsperioden.

Vannbehandlingsanlegget skal inspiseres daglig, og daglige observasjoner loggføres slik at dersom visuell kontroll viser endringer i farge, partikkelinnhold eller eventuell lukt skal det tas supplerende vannprøver.

Alle vannprøver skal analyseres for tungmetaller (Ar, Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni og Zn), PAH<sub>16</sub>, PCB<sub>7</sub>, BTEX, olje i vann og suspendert stoff (SS).



Det skal også tas prøver av grunnvannet i de etablerte grunnvannsbrønnene under anleggsfasen. Dette skal gjøres for å se om grunnvannskvaliteten forringes som følge av at det graves i deponimassene. Det kan være at som følge av anleggsarbeidene frigis mer forurensning slik at det spres mer forurensning via grunnvannet.

Grunnvannet skal analyseres for de samme parameterne som vannprøvene fra vannbehandlingsanlegget.

#### 4.4.2 Jord

Jordmassene som graves opp skal legges i ranker fordelt på sand/steinholdige overflatemasser, deponimasser og underliggende torv. Det vil bli tatt blandprøver som hver skal representere 200 m<sup>3</sup>.

Prøvene skal analyseres for aromater, alifater, tungmetaller (Ar, Pb, Cu, C, Cr, Ni og Zn), tørrstoff, PCB7, PAH16, BTEX, TOC.

### 4.5 Sikring, beredskap og kontrolltiltak

#### 4.5.1 Sikring og beredskap ved utgraving

Avrenning og støving i forbindelse med oppgraving bør unngås, eksempelvis ved tildekking av mellomlagrede masser med tett duk. Lasten skal være tildekket under transport for å hindre spredning ved støving og avrenning fra lastepanet

Det må sørges for at graveområdet avskjermes for tredjeperson ved skilting og sperreanordninger.

### 4.6 Sikring for menneskelig eksponering i anleggsperioden

Det vil alltid være en viss risiko tilstede for at de som skal utføre gravearbeidet vil være eksponert for opptak av forurensning via oralt inntak, hudkontakt og støveksponering. Det må derfor benyttes verneutstyr som eksempelvis verneklær, vernesko og hansker. I tillegg benyttes støvmaske ved eventuell støvdannelse. Uvedkommende skal ikke ha tilgang til anleggsområdet.

#### 4.6.1 Kontroll under tiltak

Før gravearbeidene igangsettes skal skriftlige prosedyrer med definert ansvar for oppgraving, kontroll og disponering av massene, samt varslingsrutiner dersom det skulle oppstå uforutsette situasjoner utarbeides. Alt personell som er involvert i gravearbeidene skal gjøres kjent med faren ved at mesteparten av massene er forurenset.

Dersom det påtreffes fri fase forurensning (f.eks. olje) eller forurensete masser av en type som ikke tidligere er påvist, er det plikt til å stanse igangsatt terrenginngrep (Forurensningsforskriften kapittel 2). Massene skal sjekkes ut i henhold til utarbeidet sjekklister, gitt i vedlegg 3, eller tilsvarende. Sjekklisten

skal dateres og signeres av det personell som utførte sjekken. Byggherre og byggherres miljørådgiver skal i slike situasjoner bli kontaktet umiddelbart. Uttak av supplerende kontrollprøver vil bli vurdert av personell med miljøfaglig kompetanse.

#### 4.7 Kvalifikasjoner

Tiltaket skal gjennomføres av entreprenør eller foretak som kan dokumentere at de har tilstrekkelig faglig kompetanse for å utføre arbeidene. Foretaket skal ha HMS-system for beskyttelse av eget personell og ytre miljø.

Kontroll under og etter tiltak skal utføres av personell med miljøfaglig kompetanse.

#### 4.8 Dokumentasjon av tiltaket

##### 4.8.1 Anleggsfasen

Dokumentasjon på gjennomføring av tiltaket skal rapporteres i en sluttrapport som skal oversendes Fylkesmannen. Arbeid og hendelser relatert til kontroll og oppfølging av forurensning skal derfor dokumenteres fortløpende under anleggsfasen:

- > Tidspunkt (dag) når masser blir transportert bort fra gravelokalitet eller eventuelt mellomlager.
- > Område og mengde jord/masser med ulike tilstandsklasser som er gravd ut og fraktet ut av området.
- > Observasjoner i forbindelse med utgraving, skriftlig og med fotografier.
- > Vurdering av massenes fysiske beskaffenhet (vanninnhold, steininnhold etc).
- > Uventede hendelser
- > At nødvendig beredskap som anvist i tiltaksplan/prosjektbeskrivelse er på plass.

##### 4.8.2 Sluttdokumentasjon

Umiddelbart etter at tiltaket er gjennomført skal arbeidene dokumenteres og oversendes Fylkesmannen i en sluttrapport. Sluttrapporten skal inneholde en beskrivelse av hvordan tiltaksplanen er fulgt opp og hvordan de forurensete massene er håndtert. Sluttrapporten skal blant annet inneholde:

- > Beskrivelse av tiltak og utført arbeid

- > Beskrivelse og dokumentasjon på mengde oppgravde masser og hvordan oppgravde masser er håndtert frem til endelig disponeringssted (levert til pilotprosjekt, eller håndtert selv)
- > Veiesedler skal tas vare på fra ekstern mottaksplass og gjelde som dokumentasjon ved sluttkontroll av leverte masser
- > Resultater fra kjemiske analyser under og etter tiltaksperioden.
- > Eventuelle spesielle avbøtende tiltak som er gjennomført for å hindre uheldig påvirkning på omgivelsene

#### 4.9 Registrering i grunnforurensningsdatabasen

Tiltaksområdet er registrert med påvirkningsgrad 3 (ikke akseptabel forurensning og behov for tiltak) i Miljødirektoratets database for grunnforurensning, og det vil ikke bli rapportert eventuell ny påvist forurensning. Når selve saneringen av deponiet er utført og fullstendig ferdigstilt, skal kommunen oppdatere grunnforurensningsdatabasen etter nærmere retningslinjer fra Miljødirektoratet.

### 5 Vedlegg

Vedlegg 1: Analyseresultater jordprøver tatt i toppjord (<1 m) og underliggende masser

Vedlegg 2: notat for grunnvannsprøvetaking høsten 2019.

Vedlegg 3: Sjekkliste uønsket hendelse anleggsplass

### 6 Referanser

- AsplanViak. (2006). *Miljøtekniske grunnundersøkelser og risikovurdering ved Slettebakken, Del 1*. Asplan Viak.
- AsplanViak. (2007). *Volumberegninger -Slettebakken avfallsdeponi*. Asplan Viak.
- Miljødirektoratet. (2009). *Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn*. Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet. (2016). *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, M-608*. Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet. (u.d.). *Vannmiljø*. Hentet fra Vann-nett: [www.vann-nett.no](http://www.vann-nett.no)
- NIVA. (2007). *PCB i Tveitevatn: Kildesøk og nye målinger i sediment*. NIVA.
- Vegdirektoratet. (2014). *Vegbygging -Håndbok N200*. Vegdirektoratet.
- Vegvesen, S. (2018). *Undersøkelse av veinære innsjøer 2015 - 2018 - Sluttrapport*. Statens Vegvesen.





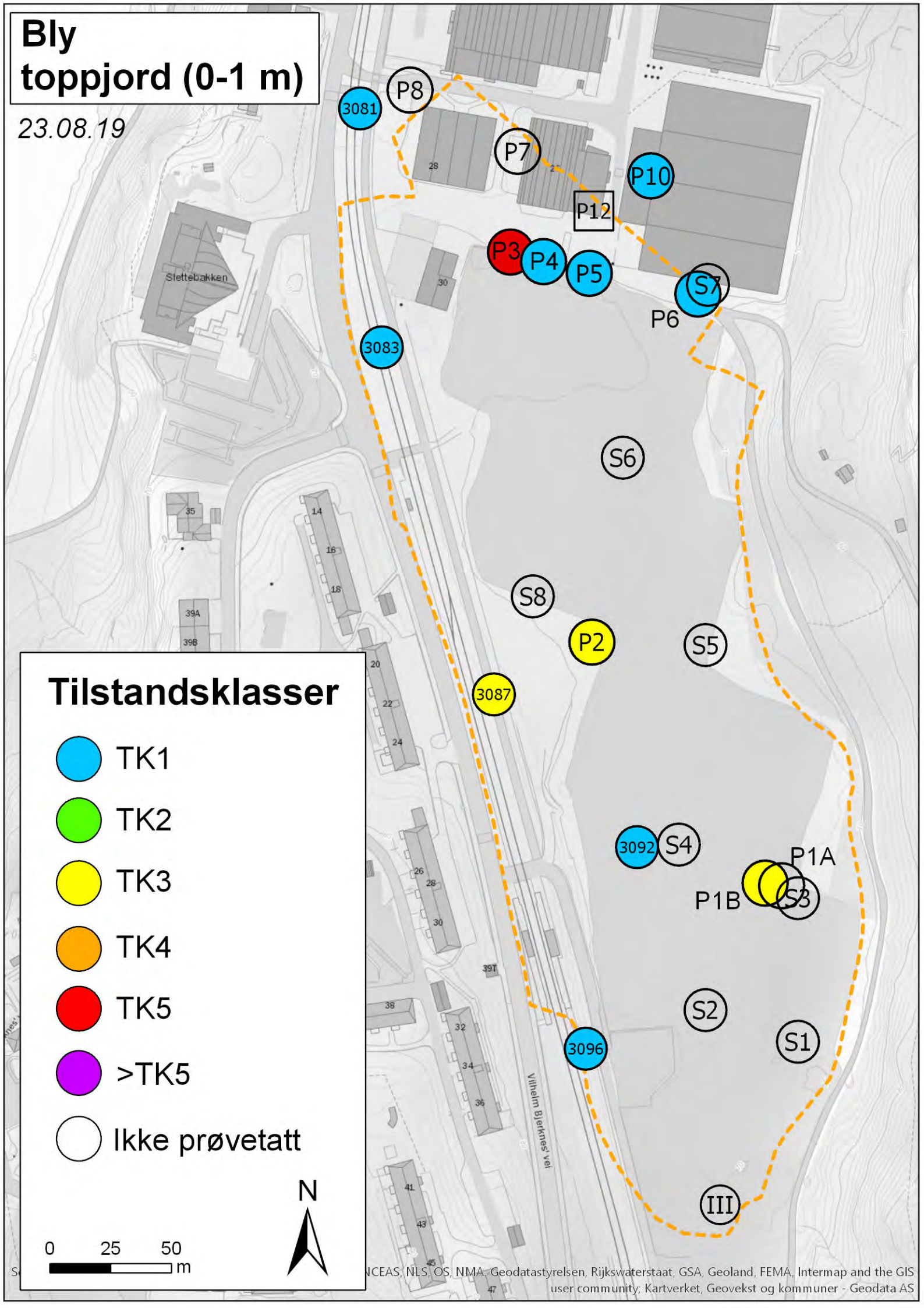
# Bly toppjord (0-1 m)

23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt

0 25 50  
m





# Kobber dypjord (>1m)

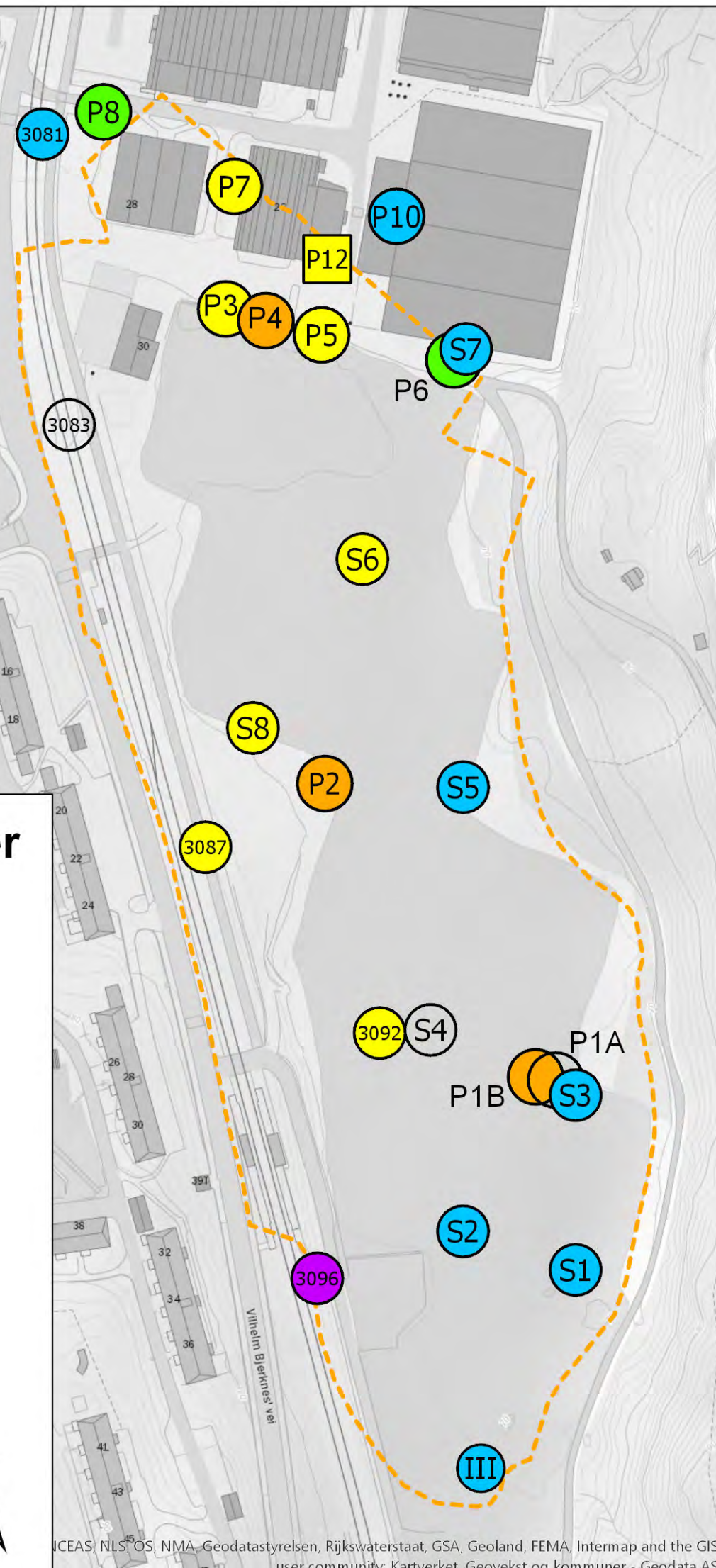
23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt



0 25 50 m









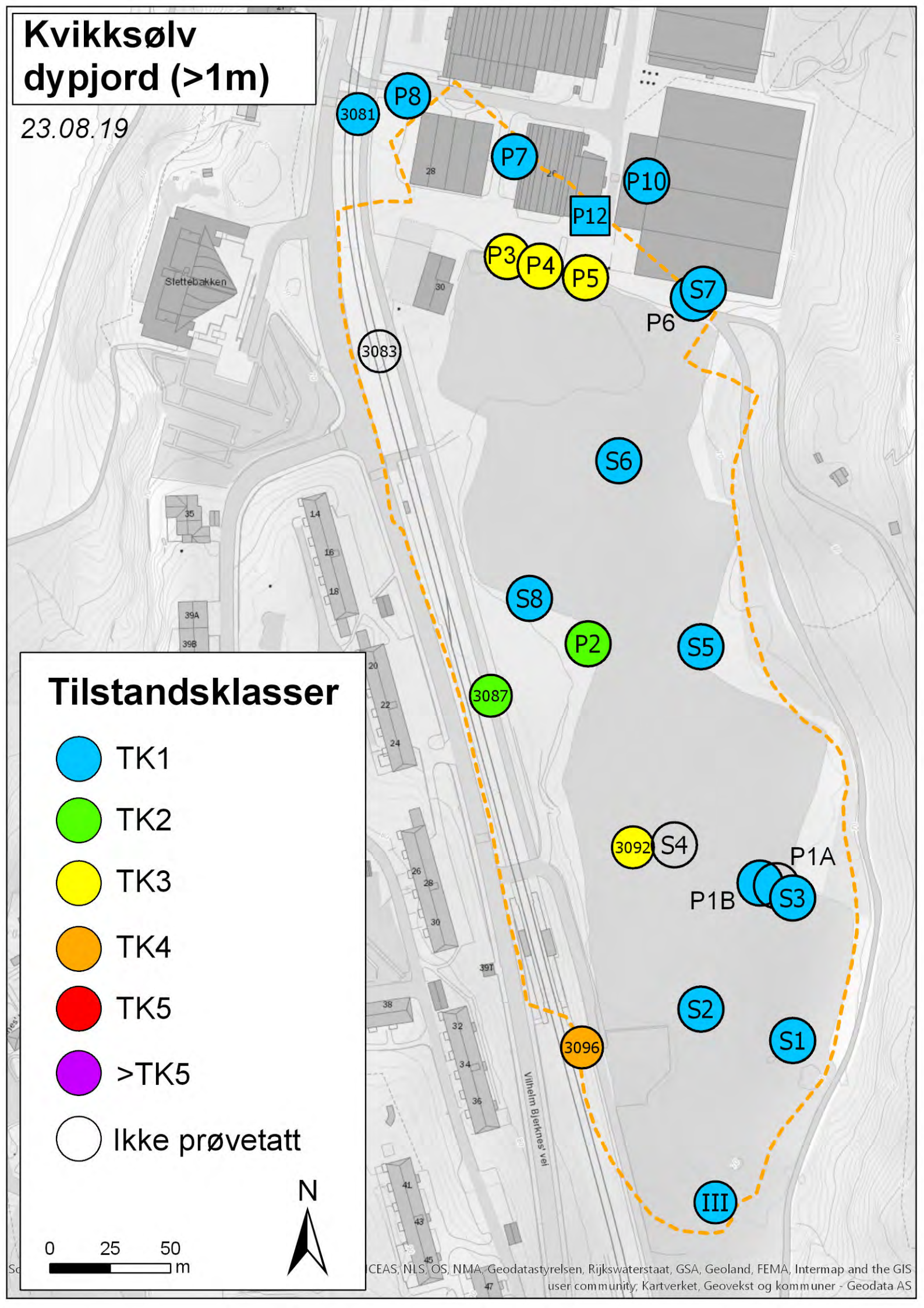
# Kvikksølv dypjord (>1m)

23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt

0 25 50  
m





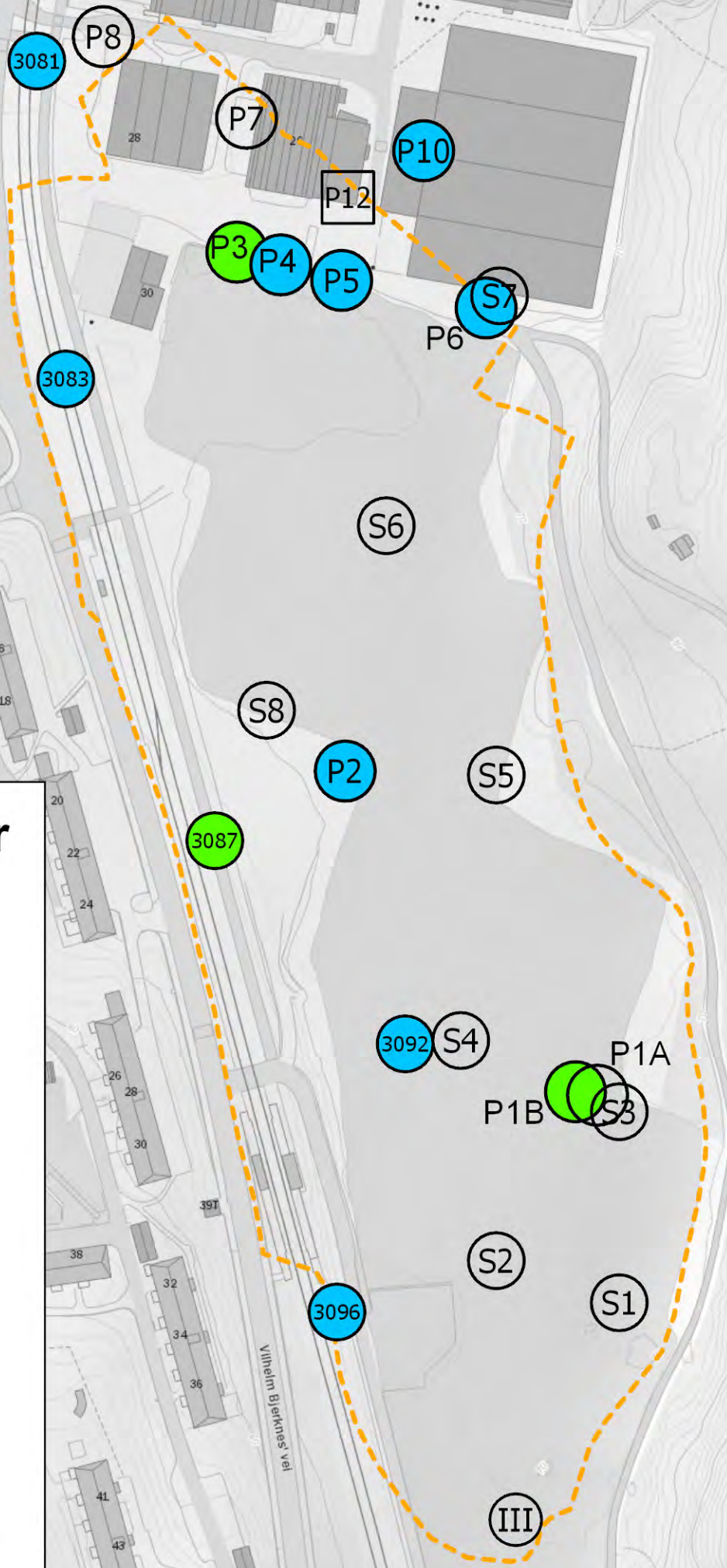
# Kvikksølv toppjord (0-1 m)

23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt

0 25 50 m





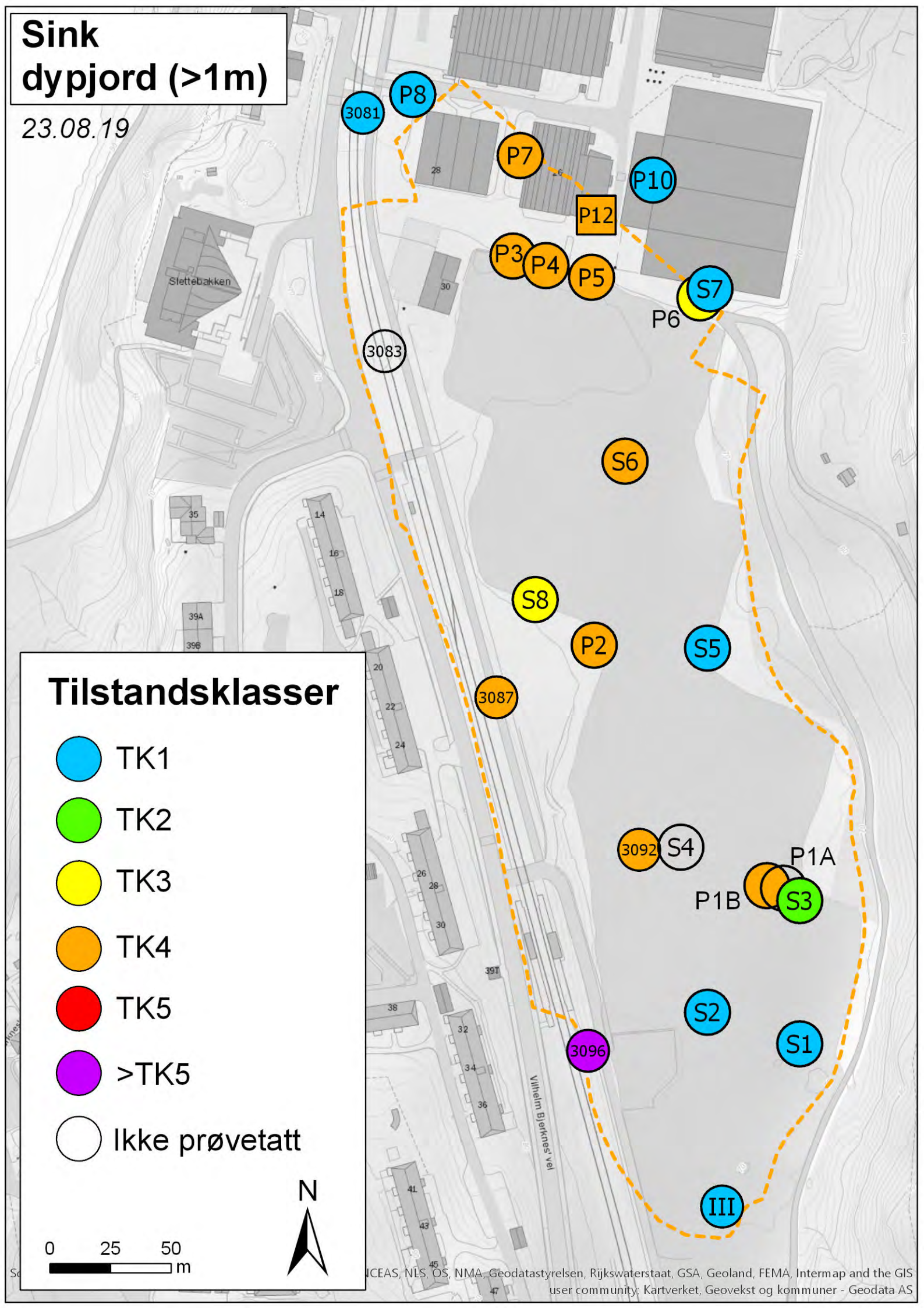
# Sink dypjord (>1m)

23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt

0 25 50  
m












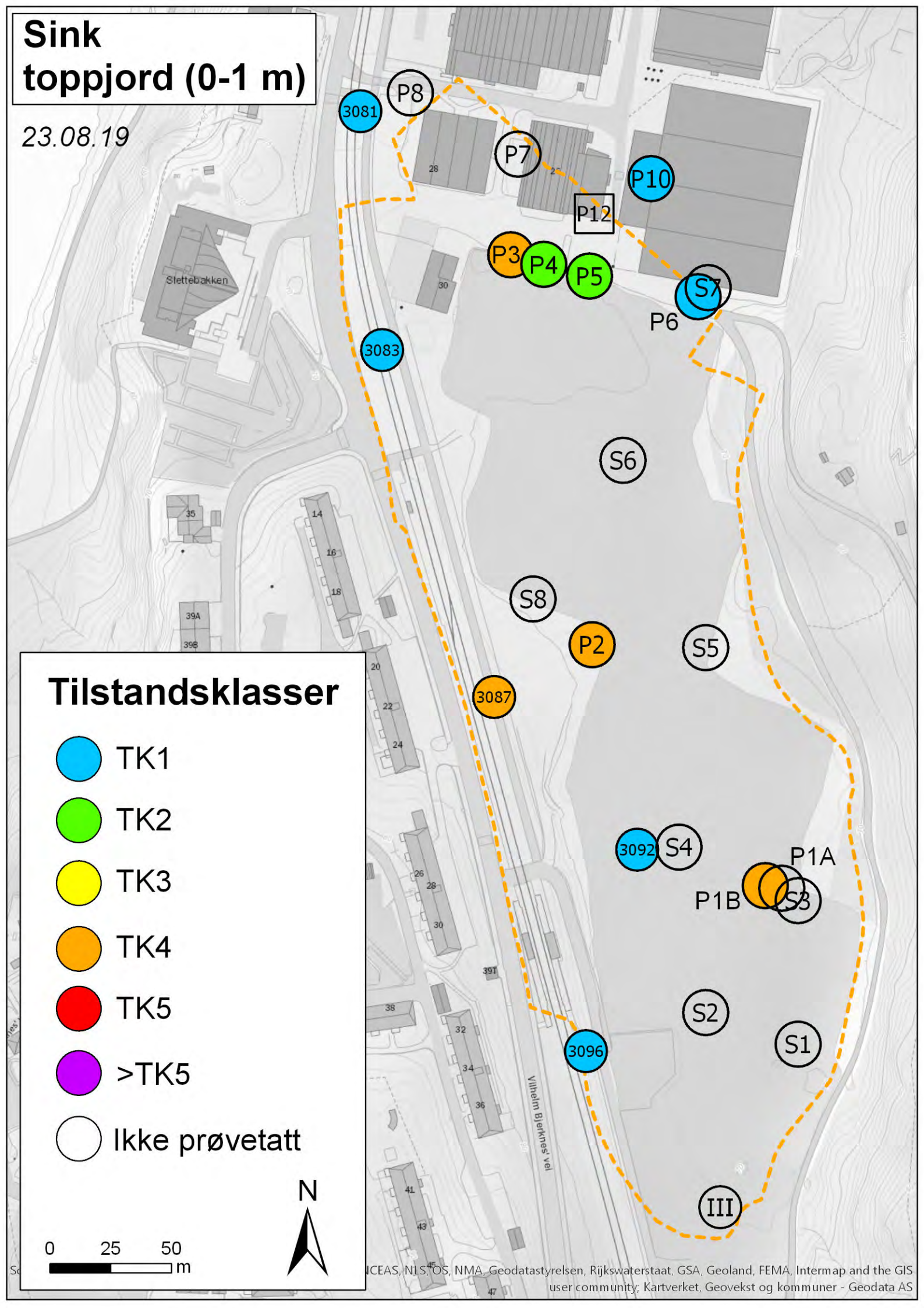
# Sink toppjord (0-1 m)

23.08.19

## Tilstandsklasser

-  TK1
-  TK2
-  TK3
-  TK4
-  TK5
-  >TK5
-  Ikke prøvetatt

0 25 50  
m





# PAH dypjord (>1m)

23.08.19

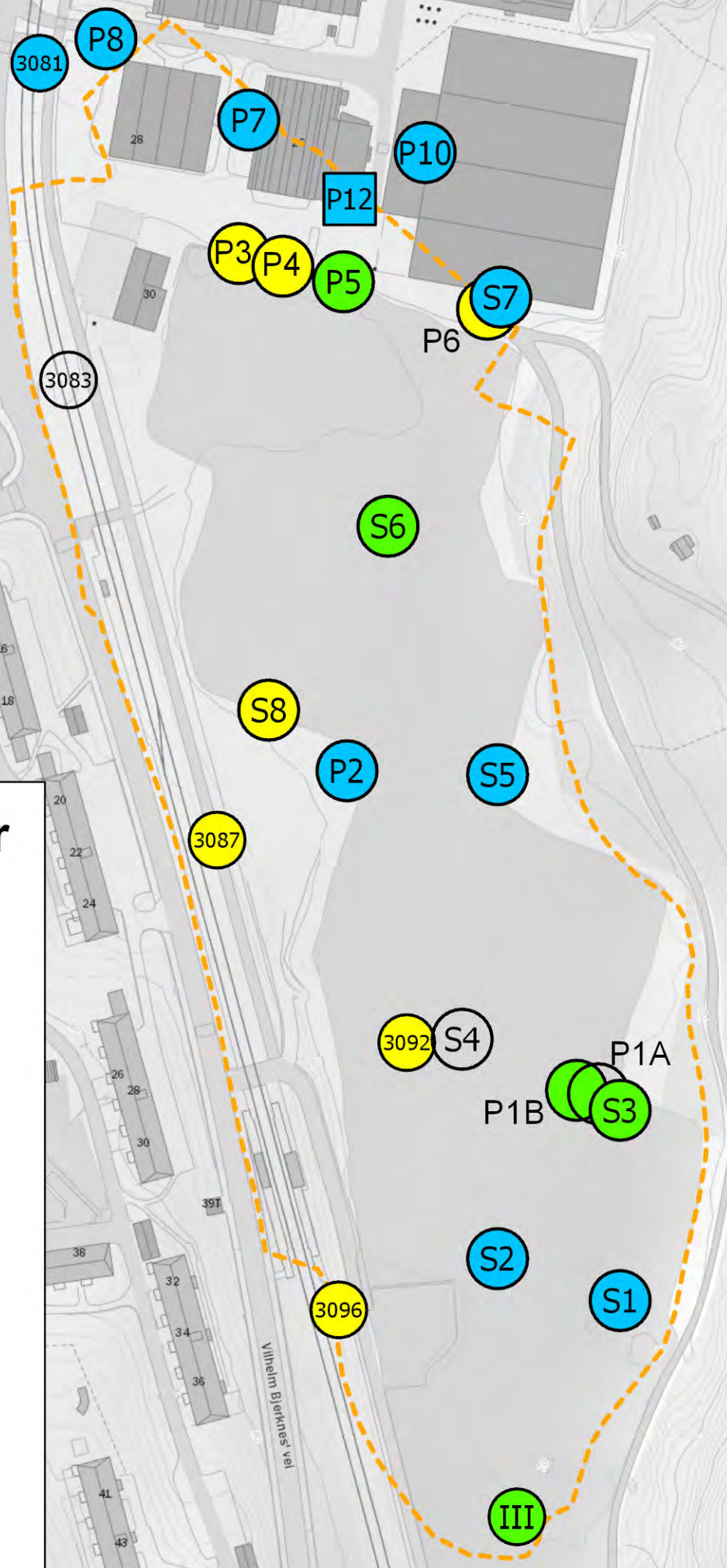
## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt



0 25 50 m

N



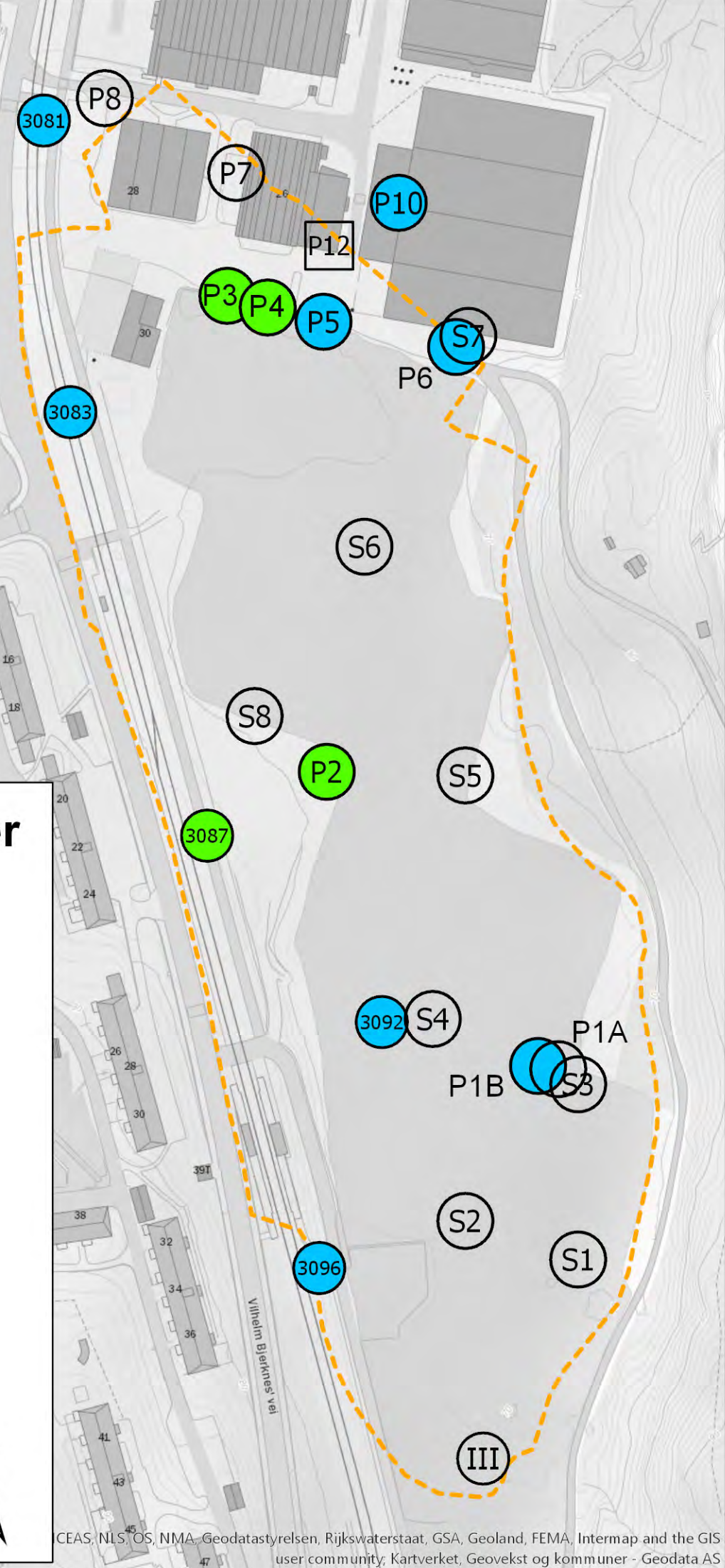


# PAH toppjord (0-1 m)

23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt



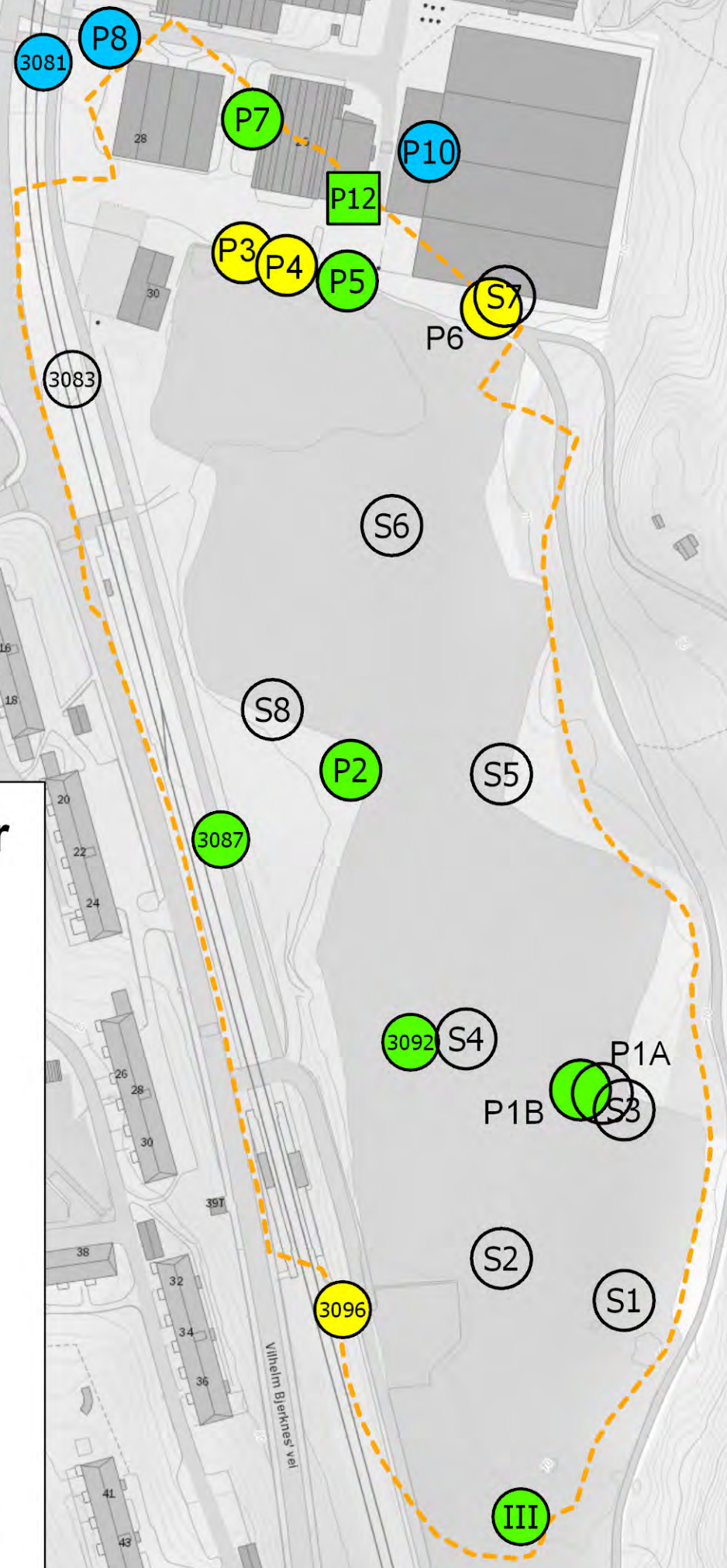


# BaP dypjord (>1m)

23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt



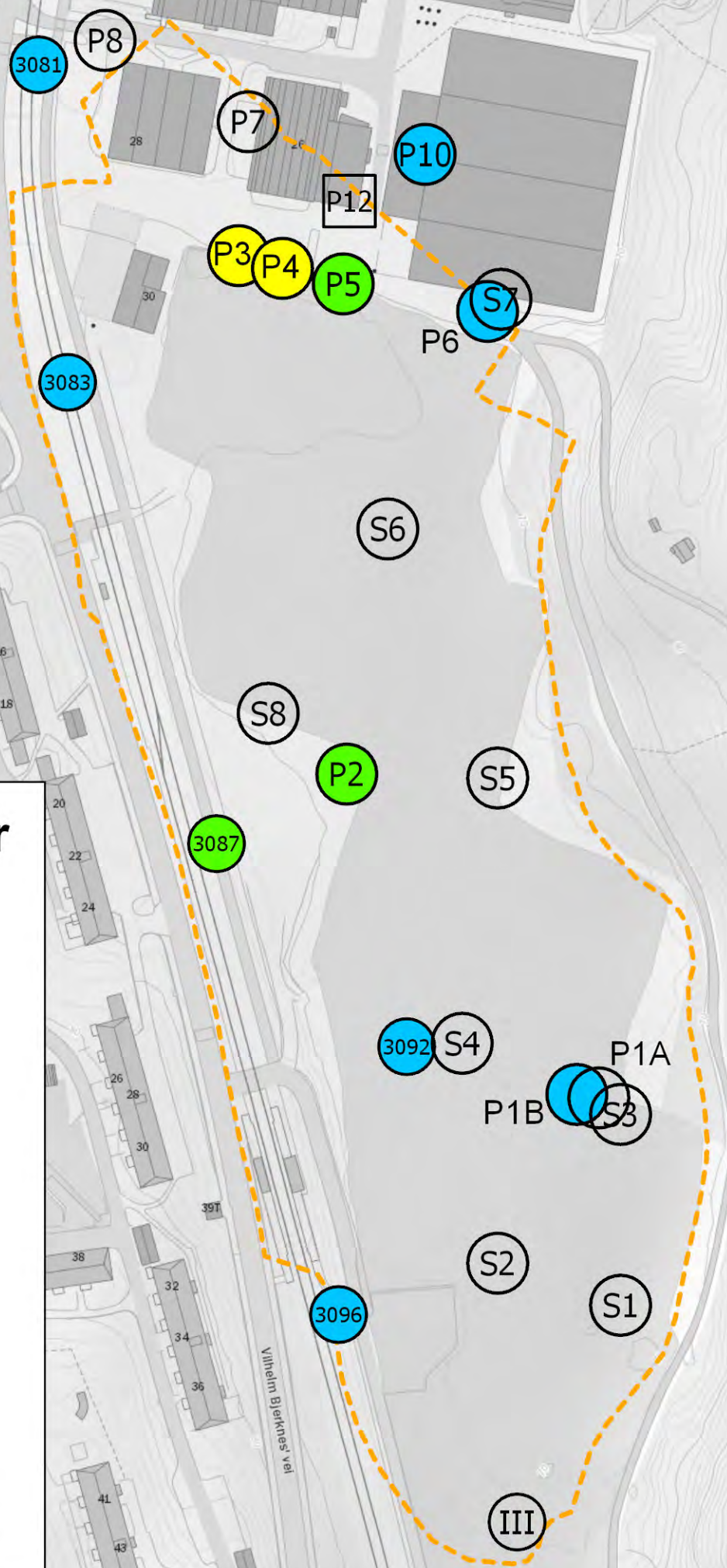
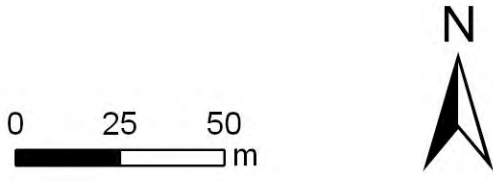


# Benzo(a)pyren toppjord (0-1 m)

23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt



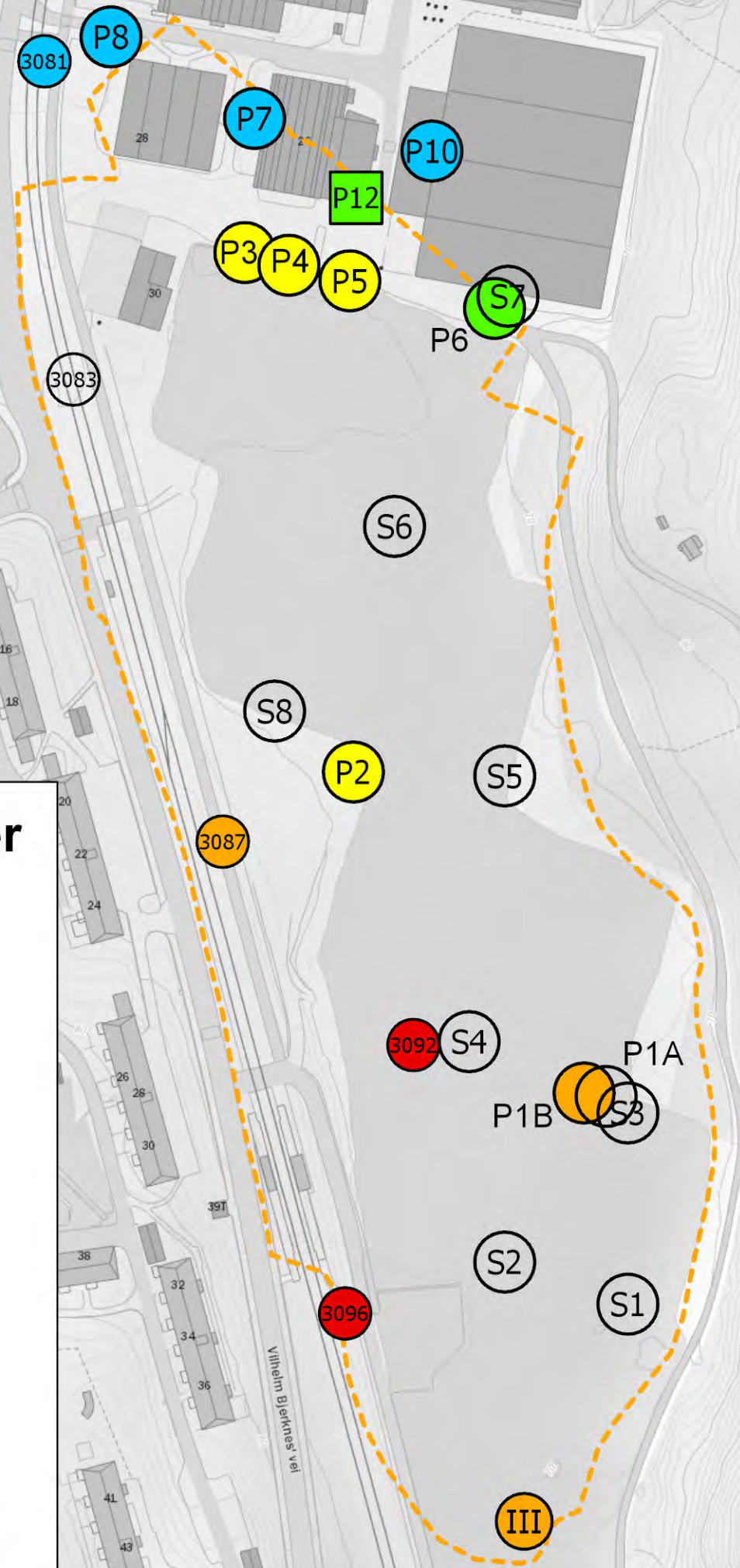


# Olje dypjord (>1m)

23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt





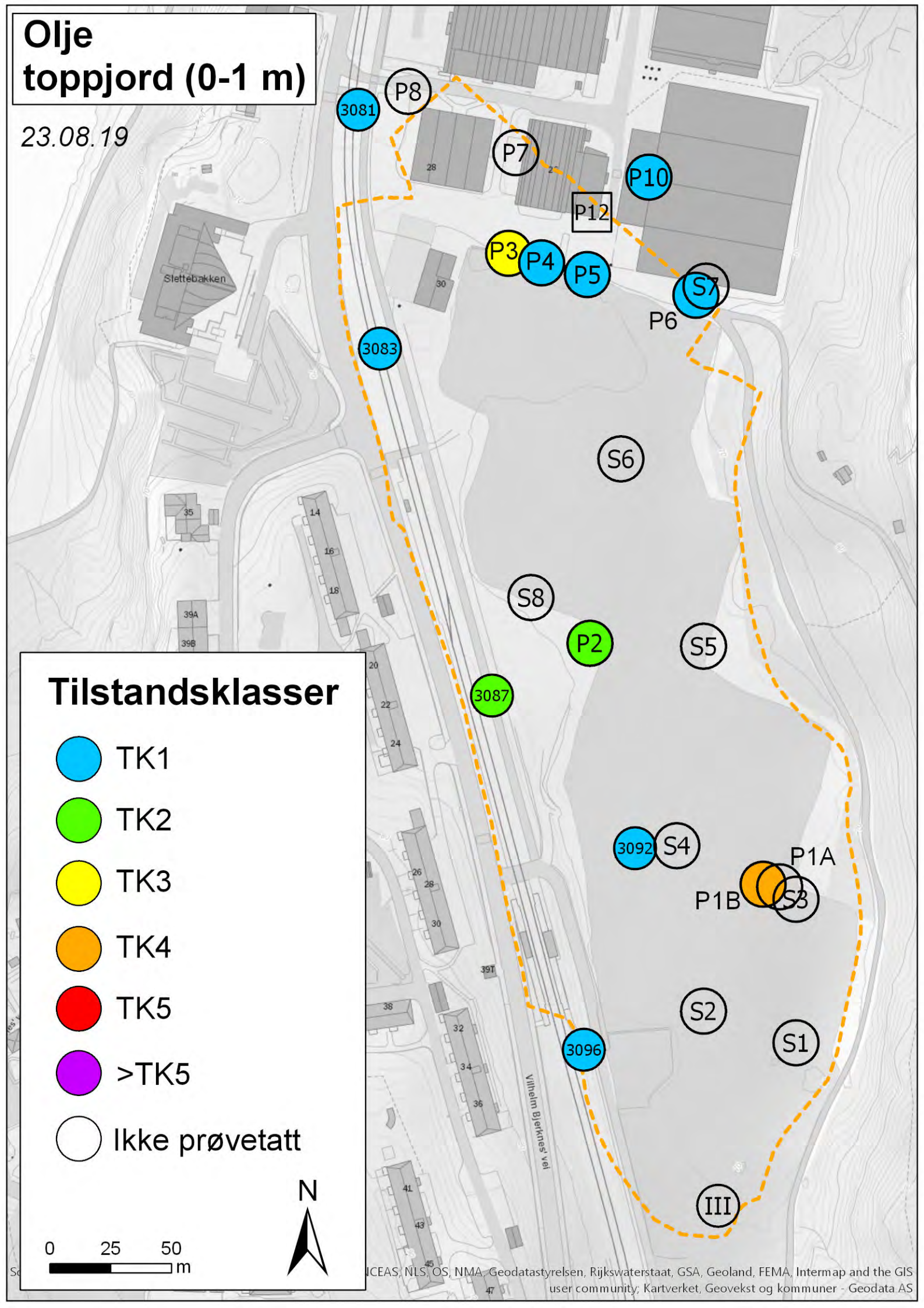
# Olje toppjord (0-1 m)

23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt

0 25 50  
m



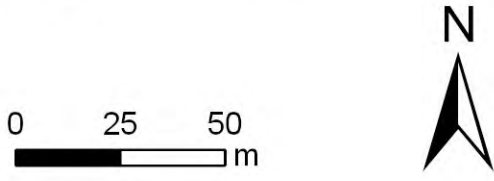


# PCB dypjord (>1m)

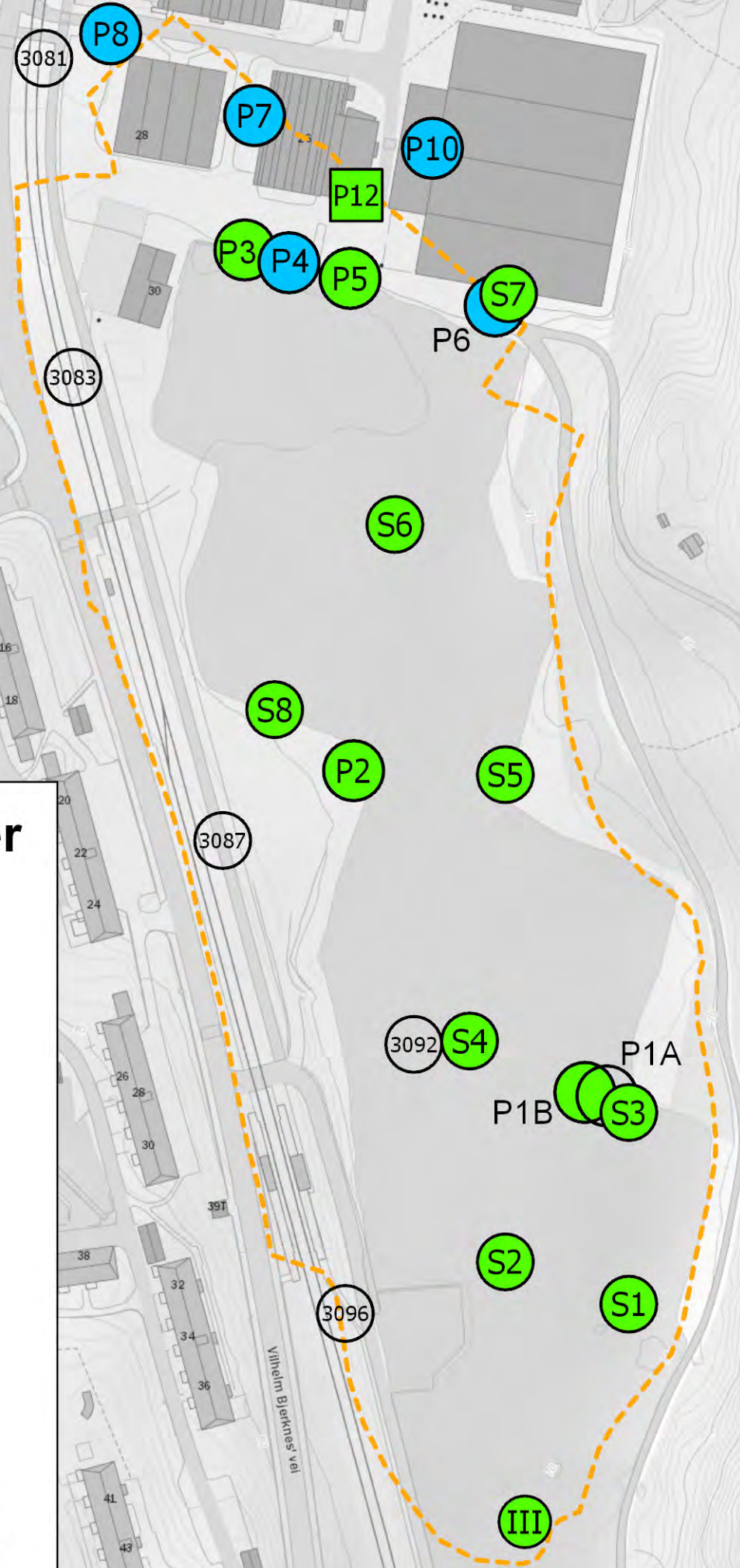
23.08.19

## Tilstandsklasser

- TK1
- TK2
- TK3
- TK4
- TK5
- >TK5
- Ikke prøvetatt



0 25 50 m







BERGEN KOMMUNE

## GRUNNVANSPRØVETAKING SLETTEBAKKEN

NOTAT MED TILSTANDSKLASSIFISERING

ADRESSE COWI AS  
Postboks 2422  
5824 Bergen  
TLF +47 02694  
WWW cowi.no



OPPDRAGSNR.

A124245

DOKUMENTNR.

VERSJON

002

UTGIVELSES DATO

12.12.2019

BESKRIVELSE

Notat m/tilstandsklassifisering

UTARBEIDET

RAKJ

KONTROLLERT

ELNE

GODKJENT

ELNE



## INNHOLD

1	Innledning	2
2	Vannprøver	2
3	Resultat og diskusjon	5
4	Referanser	9

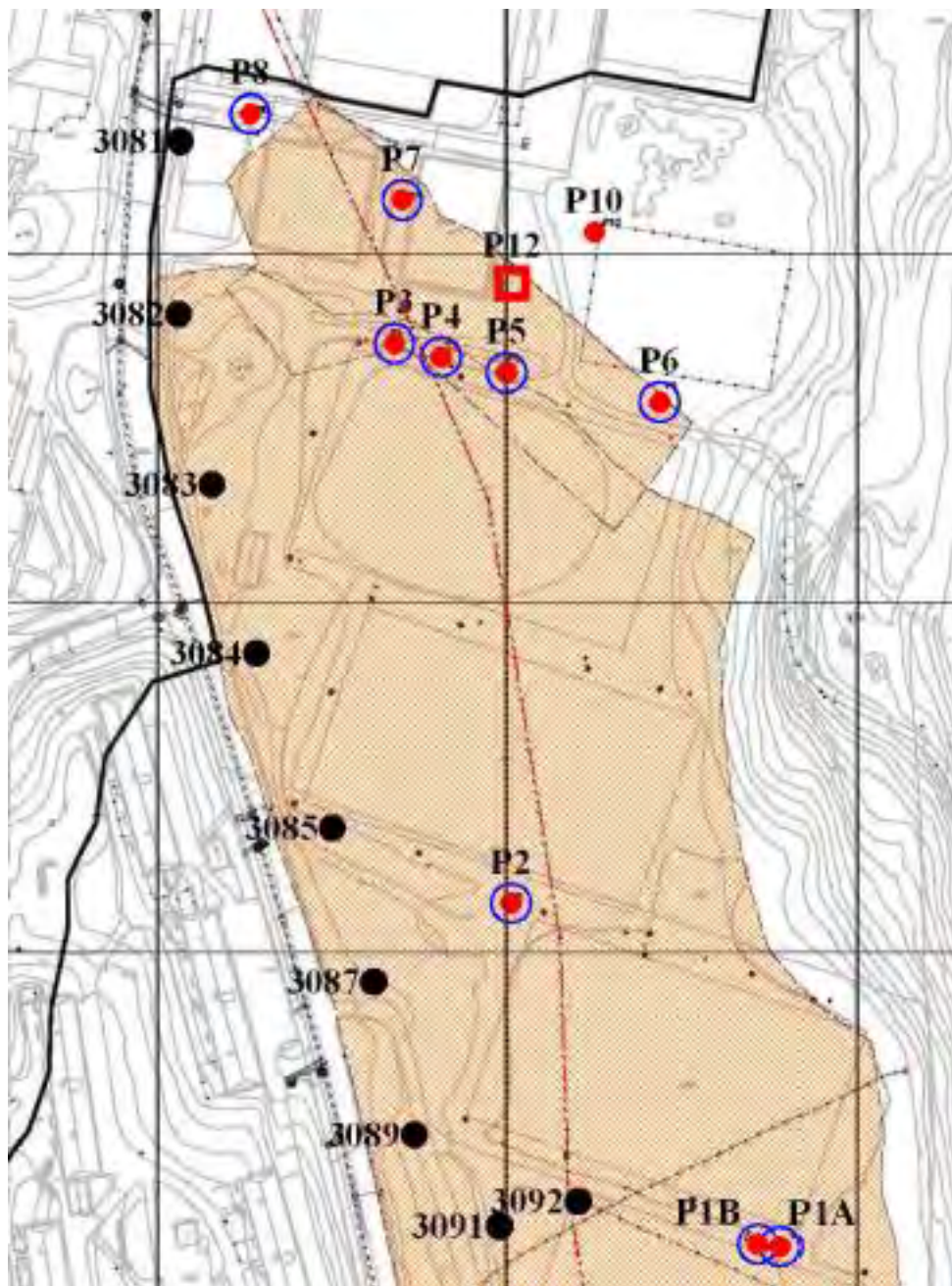
### 1 Innledning

Det ble utført grunnvannsprøvetaking den 15.10.2019 i eksisterende grunnvannsbrønner plassert i tilknytning til Slettebakken avfallsdeponi av Asplan Viak i 2006. Deponiet var i drift i perioden 1940-1961 og ble deretter tildekket og det ble etablert fire fotballbaner på deponioverflaten. Under feltarbeidet ble det tatt vannprøver av sigevann fra 6 av 9 grunnvannsbrønner. De resterende brønnene ble ikke prøvetatt den 15.10.19 grunnet problemer med tilkomst og vil bli tatt ved et senere tidspunkt. Det ble også samlet inn og satt ut loggere som registrerer variasjoner i grunnvannsnivå over tid i grunnvannsbrønnene. Dataene fra loggingen av variasjoner i grunnvannsstand skal brukes for å modellere grunnvannsgjennomstrømning og tettheten til massene.

Vannprøvene ble overlevert det akkrediterte laboratoriet Eurofins AS samme dag som prøvetakingen ble utført og ble analysert for standard *Sigevannspakke* i tillegg til PCB<sub>7</sub>. Fullstendige analysebevis er gjengitt i vedlegg 1.

### 2 Vannprøver

Alle brønnene er tegnet inn i kartet i Figur 1. Grunnvannsbrønnene ble pumpet i 20 minutter før det ble tatt ut vannprøver som ble overført til egnet emballasje. Brønn P1B og P8 ble pumpet tørre før det ble tatt ut prøve av nytt vann som strømmet inn i brønnen. I brønn P8 var det dårlig infiltrasjon av vann og prøven viste misfarget vann (Figur 2). Grunnet dårlig infiltrasjon av vann ble det ikke mulig å samle inn nok vann til å fylle en hel flaske. Prøven ble derfor ikke analysert for like mange parametere som de andre prøvene. En beskrivelse av innsamlede prøver er gitt i Tabell 1.



Figur 1: Oversiktskart med inntegnede brønner, markert med blå sirkler (Asplan Viak, 2006).



Tabell 1 Beskrivelse av innsamlede vannprøver

Prøve	Brønn- dyp (m)	Vannivå (m) fra overflate	Farge	Lukt	Diver	Kommentar
P1B	4	1,42	Nei	Sterk oljelukt	Plassert ut ny	Brønnen ble pumpet tørr før prøvetaking.
P2	5	2,38	Nei	Litt H <sub>2</sub> S etter en stund med pumping	Plassert ut ny	
P3	5,5	4,47	Nei	Olje	Tatt opp Diver 847	
P4	4,8	2,5	Mye svart vann på bunn	Ingen	Plassert ut ny	Brønnen ble pumpet tørr før prøvetaking.
P5	9	2,02	Nei			Bare loddet
P6	5,5	3,67	Nei	Olje		
P8	4	3,03	Sterk gul (oransje)	Ingen		Brønnen ble pumpet tørr før prøvetaking. Tiden for nytt sivevann tok så lang tid at det bare ble tid til å fylle opp to av fire vannflasker og de blir kun analysert for PCB, PAH og metaller.



Figur 2: Vann pumpet opp fra brønn 8. Dette var den eneste prøven med misfarget vann.

### 3 Resultat og diskusjon

COWI har i dette notatet klassifisert standardparameterne fra vannprøveanalysene i henhold til veileder 02:2018 *Klassifisering av miljøtilstand i vann*. Klassifiseringssystemet er vist i Tabell 2. Resultat fra vannprøveanalysene er presentert i Tabell 3. For fullstendig analyserapport henvises det til vedlegg 1.

Tabell 2 Klassifiseringssystem for vann og sediment. <sup>1)</sup>AF: sikkerhetsfaktor

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtidssepsonering	Akutte toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC <sub>akutt</sub>	Øvre grense: PNEC <sub>akutt</sub> *AF <sup>1)</sup>	

Tabell 3 Resultat fra analyse av standardparametre for vannprøver klassifisert etter veileder 02:2018.

		P1B	P2	P3	P4	P6	P8
Sink (Zn)	µg/l	7,4	8,8	130	140	2,3	82
Kobber (Cu)	µg/l	1,4	2,3	10	6,0	0,94	22
Bly (Pb)	µg/l	1,3	0,43	6,1	0,87	< 0,20	1,4
Kadmium (Cd)	µg/l	< 0,010	0,013	0,043	0,067	< 0,010	0,11
Nikkel (Ni)	µg/l	< 0,50	4,5	4,8	11	0,92	7,4
Krom (Cr)	µg/l	3,4	0,68	3,0	< 0,50	0,68	3,0
Arsen (As)	µg/l	1,0	1,5	1,4	5,2	0,53	2,0
Kvikksølv (Hg)	µg/l	0,009	< 0,005	0,024	0,021	< 0,005	0,189
Naftalen	µg/l	4,2	<0,010	0,025	<0,010	0,013	<0,010
Acenaftylen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaften	µg/l	0,45	<0,010	0,041	0,021	<0,010	<0,010
Fluoren	µg/l	0,22	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fenantren	µg/l	0,23	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Antracen	µg/l	0,015	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoranten	µg/l	0,042	<0,010	0,014	<0,010	0,010	<0,010
Pyren	µg/l	0,024	<0,010	0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[a]antracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Krysen/Trifenylen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[b]fluoranten	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[k]fluoranten	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[a]pyren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,010
Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/l	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	0,0043
Dibenzo[a,h]antracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo[ghi]perylen	µg/l	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	0,0047
Sum PAH(16) EPA	µg/l	5,2	ND	0,090	0,021	0,023	0,019
Benzen	µg/l	1,0	<0,10	0,54	0,62	0,20	
Toluen	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
Etylbenzen	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
m,p-Xylen	µg/l	0,38	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	
o-Xylen	µg/l	0,39	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
Xylener (sum)	µg/l	0,76	ND	ND	ND	ND	
Sum 7 PCB	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Olje i vann C10-C40	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	

ND= Not Detected (ikke påvist)

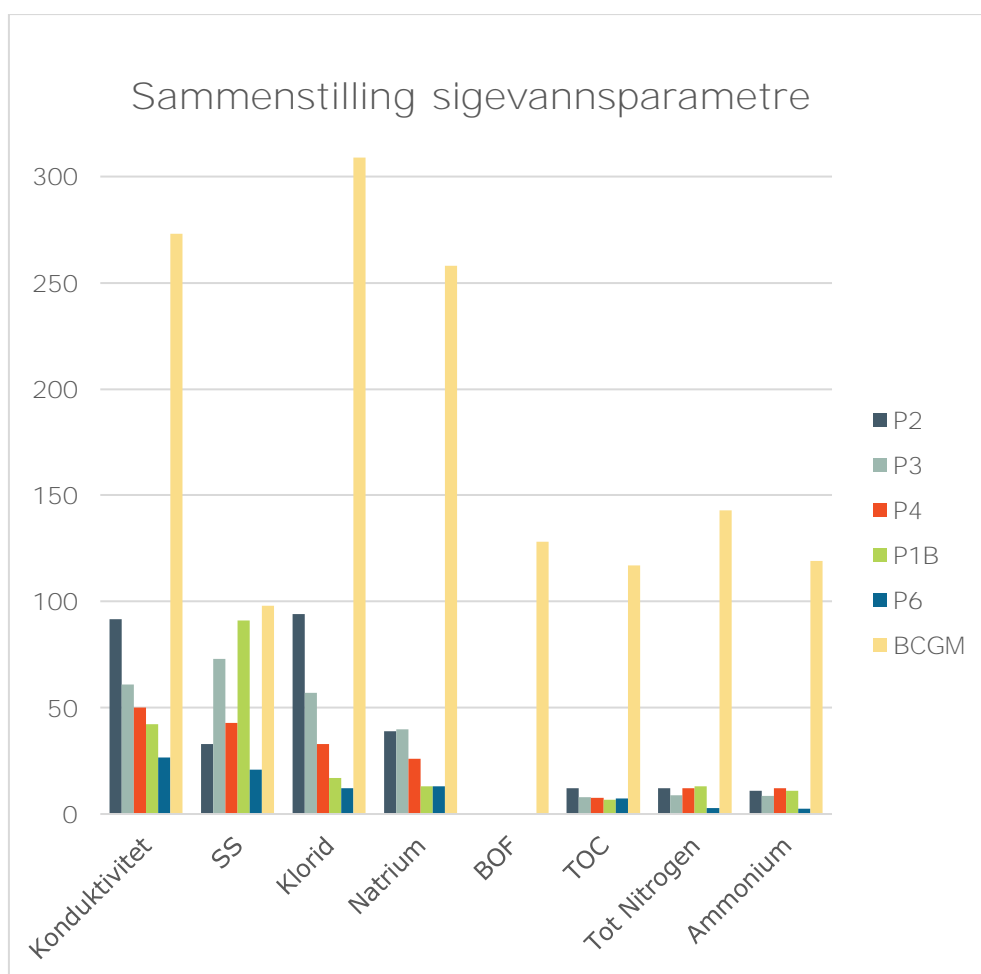


Brønn P8 har parametere påvist i høyeste tilstandsklasser, med sink, kobber og kvikksølv i tilstandsklasse 5. Høyeste påviste parametere i brønn P1B, P3 og P4 er påvist i tilstandsklasse 5. Høyeste tilstandsklasse i brønn P2 er 4 og 3 i brønn P6. Benzen er påvist i alle brønnene med unntak av brønn P2.

Konsentrasjonene varierer mellom 0,2-1,0 µg/l. Det er ikke gitt tilstandsklasser for benzen, men i veileder M-608 Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota (Miljødirektoratet, 2016), det er satt miljøkvalitetsstandard for prioriterte parametere i ferskvann. For benzen er standarden på 10 µg/l for årlig gjennomsnitt i ferskvann. Påviste verdier er under dette gjennomsnittet.

Resultat fra analyse av sigevannsparemetere er vist i Figur 3.

Gjennomsnittverdier for standard sigevannsparemetere fra avfallsdeponi i Norge (TA 2075/2005) er også vist i figuren som BCGM.

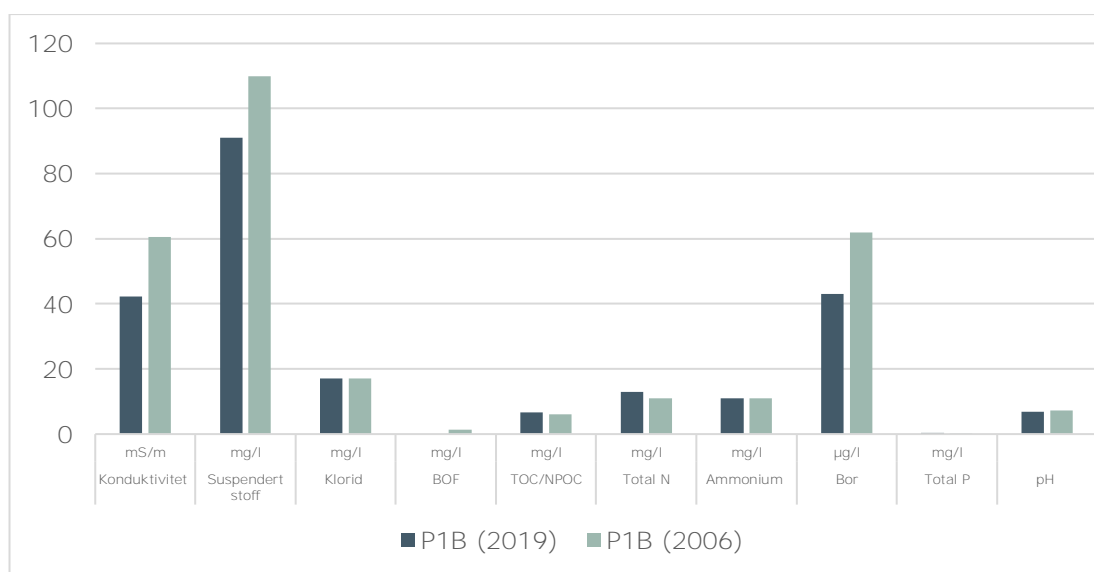


Figur 3: Søylediagram hvor analyser av sigevannsparemetere fra brønnene er sammenlignet med gjennomsnittlige verdier fra deponi (BCGM) hentet fra en studie utført av Miljødirektoratet (da: SFT).

Fra søylediagrammet er det tydelig at prøvene tatt fra grunnvannsbrønnene ved Slettebakken har mye lavere verdier for de standard sigevannsparemetrene sammenlignet med gjennomsnittsverdier for avfallsdeponi i Norge. Dette kan tyde på at det i dag er mindre nedbrytning av avfall på Slettebakken enn i et gjennomsnittsdeponi. En av årsakene til dette kan være at deponiet ble lagt ned i 1961 og at avfallet derfor inneholder mindre organisk materiale som matrester,

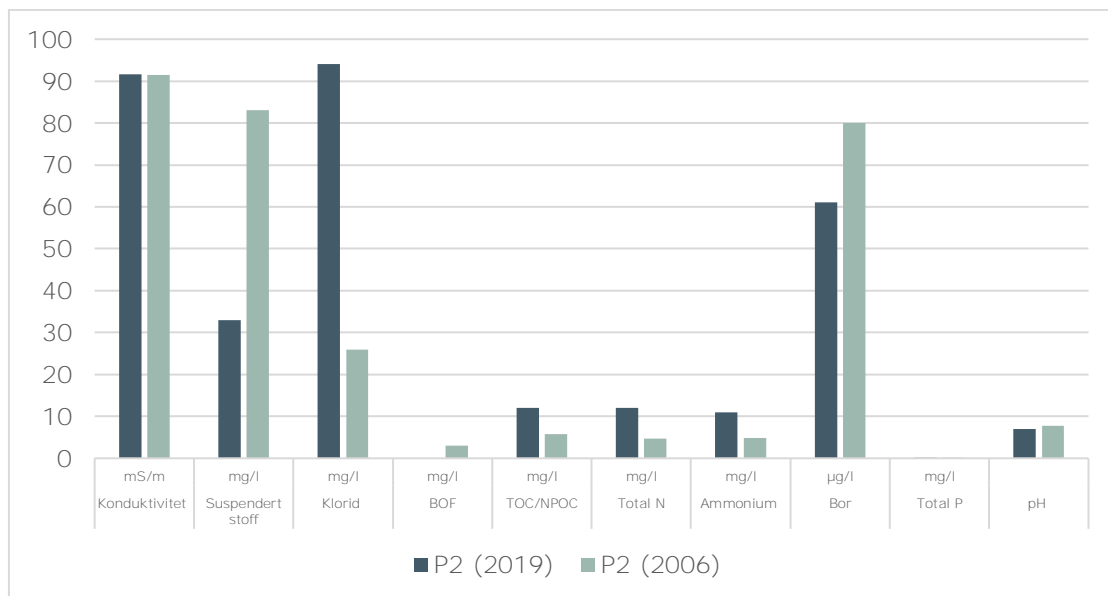
og at det organiske materialet som var til stede er brutt ned. Det er kun utført én runde med prøvetaking av grunnvann i denne omgang og det bør derfor tas flere runder med vannprøvetaking for å fange opp årstidsvariasjoner som følge av variasjon i nedbørmengder og temperatur.

Grunnvannsbrønnene ble satt ut i forbindelse med grunnundersøkelser utført av Asplan Viak i 2006. Det ble tatt grunnvannsprøver som ble analysert for standard sigevannsparemetre og standard vannanalyser den gang. I denne undersøkelsen ble ikke alle grunnvannsbrønnene prøvetatt. Rapporteringsgrensen fra de tidligere analysene var for høy slik at verdier for blant annet tungmetaller ikke kunne bli påvist. Verdiene for standard sigevannsparemetre er derimot sammenlignbare med resultatene fra denne undersøkelsen. Resultatene er sammenstilt figur 4-7.

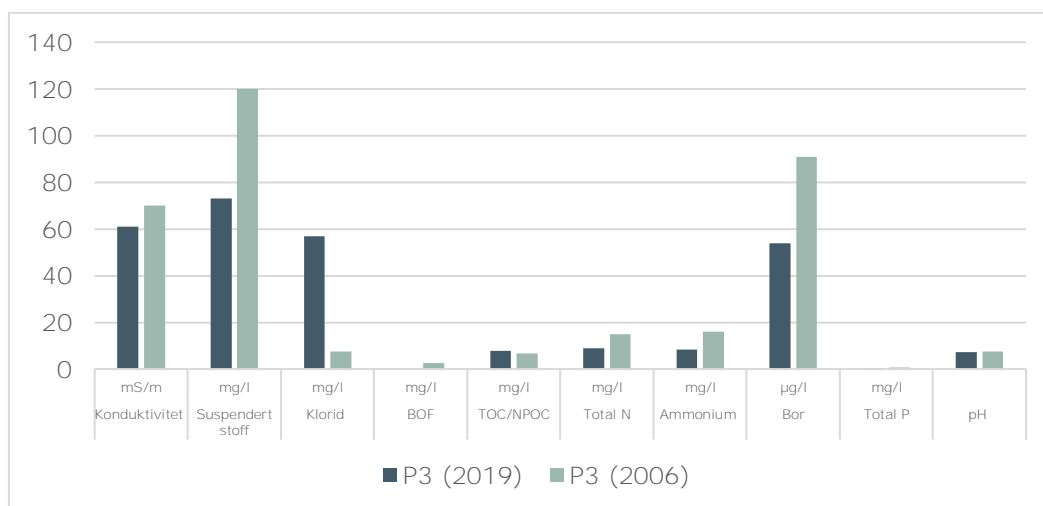


Figur 4 Sammenligning av resultat for analyse av standard sigevannsparemetre fra 2019 og 2006 i brønn P1B.

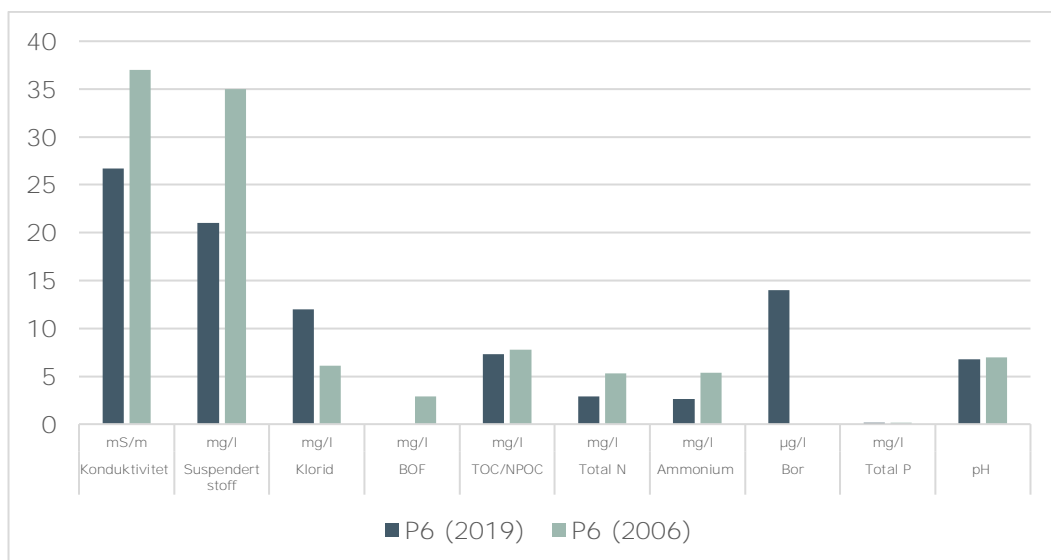




Figur 5 Sammenligning av resultat for analyse av standard sigevannsparemetre fra 2019 og 2006 i brønn P2.



Figur 6 Sammenligning av resultat for analyse av standard sigevannsparemetre fra 2019 og 2006 i brønn P3.



Figur 7 Sammenligning av resultat for analyse av standard sigevannsparemetre fra 2019 og 2006 i brønn P6.

Analysene er utført med 13 års mellomrom og det kan være forskjell i tilsig fra nedbør i perioden før vannprøvene ble tatt. Det er generelt høyere verdier for de fleste forbindelsene i analysene som ble utført i 2006. Unntaket er kloridinnholdet i P2 som er betydelig høyere i 2019 enn i 2006.

Om det er en reduksjon i konsentrasjonene som følge av at det foregår mindre nedbrytning nå enn i 2006, eller om det var større fortykning som følge av mer nedbør nå i 2019 er vanskelig å vurdere ettersom at det ikke er utført flere prøvetakingsrunder enda.

## 4 Referanser

Asplan Viak 2006. Miljøtekniske grunnundersøkelser og risikovurdering ved Slettebakken Del-1. Oppdragsnr. 510089

Miljødirektoratet 2016. Veileder M-608/2016 Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota.

Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018. Veileder 2: 2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann.

Statens forurensningstilsyn, SFT 2005. Veileder TA 2075/2005 Sammenstilling av resultater fra screening-analyser fra avfallsfyllinger.



**Hendelse:**

Dato:

Varslet til:

Beskrivelse:

Gjennomført tiltak:

Tiltak iverksatt, dato:

Ansvarlig:

Skadebegrensende tiltak:

Tiltak for å hindre gjentakelse:

Tiltak avsluttet, dato:

Ansvarlig:

Vedlegg (eks; bilder, analyserapporter etc.)