

Kravspesifikasjon

1 Innledende bemerkninger

Dokumentet er et vedlegg til anskaffelsesdokumentet «26/346 Anskaffelse 5/2026 – Kjøp av pilotanlegg for kvartærrensing ved BRA».

Anskaffelsen er delt inn i to delanskaffelser knyttet til etablering av pilotanlegg for kvartærrensing ved Bekkelaget renseanlegg:

- Delanskaffelse 1: Ozoneringspilot
- Delanskaffelse 2: Pilot med tre filterkolonner

Renseprosessen på Bekkelaget renseanlegg består av rister, sand- og fettfang, forsedimentering, aktivt slam anlegg med nitrogenfjerning (kalt «bio») og simultanfelling med jernsulfat, ettersedimentering og etterpolering med sandfilter.

Om bør-krav i dokumentet

I de ulike kapitlene i kravspesifikasjonen er det angitt bør-krav som vil inngå i evalueringen under tildelingskriteriet «Kvalitet», jf. konkurransegrunnlaget punkt 4.1.

- Bør-krav 1-5 gjelder delanskaffelse 1. Nærmere beskrivelse fremgår av kapittel 4.
- Bør-krav 6 gjelder delanskaffelse 2. Nærmere beskrivelse fremgår av kapittel 5.

Forventet leveringstid:

- Leverandøren skal ved **tilbudsinntak** oppgi forventet leveringstid fra bestilling til ferdig levert og installert løsning.

2 Beskrivelse

Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten (VAV) ved Bekkelaget renseanlegg, ønsker å etablere pilotanlegg som muliggjør testing og sammenligning av ulike kvartære rensetrinn for fjerning av mikroforurensninger, med særlig fokus på legemiddelrester og øvrige indikatorstoffer omfattet av kategori 1 og 2 i det reviderte EU-avløpsdirektivet.

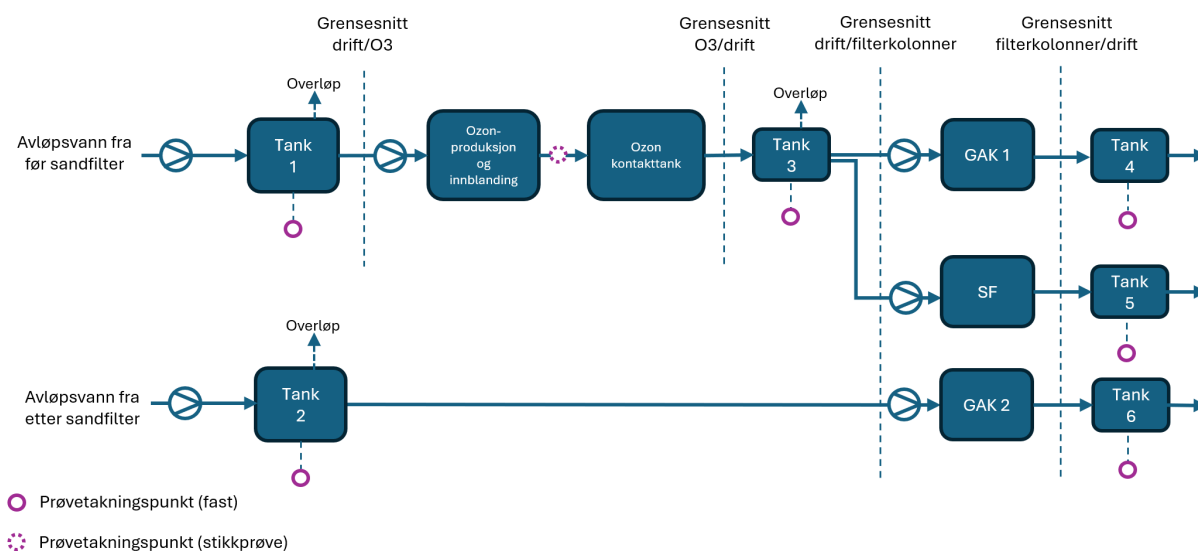
Bekkelaget renseanlegg består av åtte biolinjer med noe ulik utforming og kapasitet. Biolinjene er gruppert som bio 1-4 og bio 5-8. Tabell 1 og Tabell 2 viser måledata fra avløpsvann før sandfilter fra henholdsvis bio 1-4 og bio 5-8, samt fra hovedutløpet etter sandfilter. Dataene

er presentert separat fordi det kan forekomme variasjoner i vannmatrisen mellom de ulike biolinjene.

Piloten skal bestå av ozonering etterfulgt av etterpolering i to parallelle filterkolonner med henholdsvis granulært aktivt kull (GAK) og sandfilter (SF), samt en egen filterkolonne med GAK uten forutgående ozonering. Figur 1 illustrerer prinsippoppsettet for pilotanleggene og hvordan vannstrømmene føres gjennom de ulike prosessene, samt grensesnittene mellom delanskaffelsene og driften ved Bekkelaget renseanlegg.

For ozonpiloten samt GAK 1- og SF-kolonnene skal det legges til grunn renset avløpsvann før sandfilter. Endelig uttakspunkt for pilotanlegget (bio 1-4 eller bio 5-8) vil bli fastsatt av oppdragsgiver i dialog med valgt(e) leverandør(er). For GAK 2-kolonnen skal det legges til grunn renset avløpsvann etter sandfilter.

Verdiene i Tabell 1 og Tabell 2 er basert på gjennomførte prøvetakinger ved Bekkelaget renseanlegg og er ment å illustrere forventet variasjon i vannmatrisen. Verdiene skal ikke oppfattes som faste dimensjonerende verdier.



Figur 1: Prinsippoppsett for pilotanleggene. Ozoneringspiloten må ha intern(e) prøvetakingspunkt(er) slik at ozondosen kan kontrolleres.

Tabell 1: Analyseresultater fra prøvetaking av avløpsvann før sandfilter (bio 1-4 og bio 5-8) og ved hovedutløp etter sandfilter ved Bekkelaget renseanlegg.

	Før sandfilter	Etter sandfilter

Prøvested	Fra bio 1-4	Fra bio 5-8	Hovedutløp
Prøvetaking	Mengdeproporsjonal	Tidsproporsjonal	Mengdeproporsjonal
Periode	10:00 28/05/26 - 10:00 29/05/26	10:00 28/05/26 - 10:00 29/05/26	00:00 28/05/26 - 23:59 28/05/26
pH	6,7	6,6	6,9
Alkalitet	0,96 mmol/l	1,0 mmol/l	1,0 mmol/l
Nitritt	20 µg/l	18 µg/l	3,3 µg/l
DOC	6,9 mg/l	6,2 mg/l	5,8 mg/l
Bromat	<0,0020 mg/l	<0,0020 mg/l	<0,0020 mg/l
Bromid Br-	0,24 mg/l	0,24 mg/l	0,24 mg/l
Krom (Cr), oppsluttet	<0,50 µg/l	<0,50 µg/l	<0,50 µg/l
Krom 3, beregnet	<0,50 µg/l	<0,50 µg/l	<0,50 µg/l
Krom VI (Cr6+)	<0,00020 mg/l	<0,00020 mg/l	<0,00020 mg/l

Tabell 2: Gjennomsnittlige analyseresultater fra prøvetaking av avløpsvann før sandfilter (bio 1-4 og bio 5-8) og ved hovedutløp etter sandfilter ved Bekkelaget renseanlegg.

Prøvested	Før sandfilter		Etter Sandfilter
	Fra bio 1-4	Fra bio 5-8	Hovedutløp
Prøvetaking	Døgnprøver	Døgnprøver	Døgnprøver
Periode	07.07.2026 – 06.08.2026	07.07.2026 – 06.08.2026	07.07.2026 – 06.08.2026
Gjennomsnitt Suspendert stoff	12,5 mg/l	6,3 mg/l	<2,0 - 2,6 mg/l
Gjennomsnitt Jern (Fe2+)	0,90 mg/l	0,73 mg/l	0,20 mg/l

3 Generelle krav – gjelder begge delanskaffelser

3.1 Formål

Formålet med anskaffelsen er å etablere pilotanlegg for rensing av avløpsvann med fokus på:

- Fjerning av mikroforurensinger
- Evaluering av prosessytelse og driftsstabilitet
- Evaluering av HMS-relaterte forhold ved drift av prosessene
- Kompetanseutvikling innen drift av kvartære rensetrinn

3.2 Omfang

Leveransene skal omfatte ferdig prosjekterte og prefabrikkerte pilotanlegg for henholdsvis ozonering og filterkolonner. Hvert anlegg skal leveres som en komplett og funksjonell enhet, ferdig montert og testet før levering. Løsningene skal være utformet slik at behovet for montasje- og installasjonsarbeider på Bekkelaget renseanlegg begrenses til nødvendig sammenkobling, tilkobling til grensesnitt og idriftsettelse.

Leverandøren(e) skal ha ansvar for all intern prosjektering og dimensjonering av anleggene, inkludert prosessteknisk utforming, hydraulisk design og valg av komponenter, slik at anleggene er egnet for formålet. Dette inkluderer også mulighet for levering av eksisterende og allerede bygde pilotanlegg, forutsatt at disse oppfyller kravene i konkurransegrunnlaget.

Delanskaffelse 1 (ozoneringspilot) og delanskaffelse 2 (pilot med tre filterkolonner) vil bli vurdert uavhengig av hverandre. Tilbud for den enkelte delanskaffelsen skal derfor kunne evalueres og tildeles separat. Hver leverandør er ansvarlig for at den tilbudte løsningen oppfyller kravene til kapasitet, funksjonalitet og grensesnitt som følger av konkurransegrunnlaget. Oppdragsgiver vil koordinere samspillet mellom de to pilotanleggene dersom delanskaffelsene tildeles ulike leverandører.

3.3 Grensesnitt, installasjon og idriftsettelse

Oppdragsgiver skal etablere og stille til rådighet nødvendige tilkoblingspunkter for vann, avløp, strøm og øvrige forsyninger. Leverandøren(e) er ansvarlig for tilkobling av levert utstyr til disse tilkoblingspunktene. Leverandøren(e) skal uten ugrunnet opphold etter

kontraktsinngåelse oppgi alle nødvendige grensesnittkrav, herunder dimensjoner, tilkoblingstyper og elektriske krav (spenning, effekt og sikringsstørrelse), slik at Oppdragsgiver kan etablere tilkoblingspunktene i samsvar med spesifikasjonene fra leverandøren(e).

Leverandøren(e) skal bistå med installasjon og idriftsettelse på stedet, inkludert funksjonstesting og opplæring av driftspersonell. Leverandøren(e) skal dokumentere og verifisere at anleggene oppfyller samtlige relevante ytelseskrav angitt i kravspesifikasjonen. Verifikasjonen skal skje gjennom funksjonstesting ved leveringsstedet etter installasjon og idriftsettelse. Funksjonstestene skal dokumenteres skriftlig og vise at anleggene oppfyller avtalte krav til kapasitet, funksjonalitet, driftssikkerhet og øvrige spesifiserte ytelseskrav. Bestått funksjonstest er en forutsetning for endelig aksept av leveransene.

3.4 Drift, funksjonalitet og HMS

Pilotanleggene skal være utformet med nødvendige funksjoner og sikkerhetsmekanismer for å oppfylle gjeldende krav i lover, forskrifter og relevante HMS-regelverk, samt oppdragsgivers HMS-krav. Anleggene skal videre muliggjøre sikker og kontrollert drift, feilhåndtering og nedstengning ved avvik, feil eller andre uønskede hendelser.

Pilotanleggene skal være driftssikre og egnet for fleksibel og kontinuerlig drift under varierende hydrauliske og prosessmessige forhold. Anleggene skal være utformet for langvarig drift med begrenset behov for manuell oppfølging og skal kunne opereres uten kontinuerlig tilsyn mellom ordinære inspeksjoner. Anleggene skal i tillegg være flyttbare og egnet for midlertidig installasjon, med mulighet for transport og omplassering.

Det er et overordnet krav at materialvalg i pilotanleggene ikke medfører kontaminering eller annen påvirkning som kan påvirke forsøksresultatene. Materialer som kommer i kontakt med avløpsvannet skal ikke avgi, adsorbere, tilbakeholde eller omdanne stoffer i et omfang som kan påvirke analyseresultater, renseeffekt eller vurdering av prosessytelse.

Pilotanleggene skal være spylesikre og dimensjonert for drift i renseanleggsmiljø. Alt utstyr som kan bli utsatt for spyling eller vannsprut skal ha kapslingsgrad minimum IPX5.

Leverandøren(e) skal dokumentere at kravet er oppfylt for relevant utstyr ved tilbudsinnlevering.

3.5 Dokumentasjon

Leverandøren(e) skal levere fullstendig dokumentasjon som er nødvendig for sikker, kontrollert og forsvarlig drift, vedlikehold og oppfølging av pilotanleggene. Dokumentasjonen skal være ferdigstilt, oversendt og godkjent av Oppdragsgiver før levering av pilotanleggene. Dokumentasjonen skal minimum omfatte følgende:

- Drifts- og vedlikeholdsinstruksjoner
- Komplett P&ID (Piping and Instrumentation Diagram)
- Risikovurdering og HMS-dokumentasjon
- Dokumentasjon på CE-merking
- Reservedelsliste
- Dokumentasjon fra funksjonstesting

3.6 Fysiske rammebetingelser

Pilotanleggene skal fraktes til Bekkelaget renseanlegg. Bekkelaget renseanlegg er et fjellanlegg, og pilotanleggene må kunne transporteres inn gjennom eksisterende porter og tunneller med maksimal fri høyde på 4,20 m. Leverandøren(e) er ansvarlig for at pilotanleggene kan transporteres frem til oppstillingsstedet uten behov for bygningsmessige tilpasninger fra oppdragsgivers side.

Oppdragsgiver har identifisert et oppstillingsområde ved Bekkelaget renseanlegg med omtrentlige mål på 5,4 meters høyde, 3,7 meters bredde og 5,2 meters dybde. Anskaffelsen omfatter to separate pilotanlegg (delkontrakter). Leverandøren(e) må påregne dialog med Oppdragsgiver etter kontraktsinngåelse om endelig plassering og oppstilling av pilotanleggene innenfor de tilgjengelige arealene på Bekkelaget renseanlegg. Endelig plassering av de valgte løsningene fastsettes av Oppdragsgiver i dialog med valgt(e) leverandør(er).

Tilbyder(e) skal ved tilbudsinnlevering oppgi pilotanleggenes totale arealbehov, herunder nødvendig høyde, bredde og dybde samt eventuelle krav til adkomst, serviceareal og driftsmessig tilgjengelighet.

Det vil bli gjennomført tilbudsbefering slik at tilbyderne kan gjøre egne vurderinger av plassforhold, adkomstmuligheter og øvrige lokale forhold som kan ha betydning for utforming og installasjon av pilotanleggene.

4 Delanskaffelse 1: Ozoneringspilot

4.1 Prosess og kapasitet

Det skal leveres et komplett, ferdig prosjektert og prefabrikkert ozoneringsanlegg på skid/pall eller i container for pilotdrift. Anlegget skal benyttes til ozonering i pilotskala av rensset avløpsvann etter ettersedimentering og før sandfilter, se gjeldende vannmatrise i Tabell 1 og Tabell 2.

Anlegget skal dimensjoneres for en volumstrøm i området $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ – $2,0 \text{ m}^3/\text{h}$. Dette driftsområdet anses som et minimumskrav. Det aksepteres at anlegget også kan opereres ved lavere og/eller høyere volumstrømmer. Anlegget skal inkludere egen innløpspumpe. Vannføringen skal være stabil og kontinuerlig, med mulighet for måling og regulering. Innløpspumpen bør kunne styres dynamisk innenfor angitt kapasitetsområde for å muliggjøre fleksibel drift og tilpasning til varierende testbetingelser. Tilbyder skal beskrive eventuell funksjonalitet for slik styring [**bør-krav 1**].

4.2 Ozonproduksjon, dosering og kontaktreaktor

Anlegget skal inkludere system for produksjon, dosering, effektiv innblanding av ozon i vannfasen og fleksibelt reaksjonsvolum. Ozon skal kunne doseres regulerbart innen området $0\text{--}12 \text{ mg O}_3/\text{L}$. Tilsatt ozonmengde skal kunne måles kontinuerlig. Tilbyder skal ved tilbudsinnlevering oppgi forventet overføringseffektivitet for ozon til vannfasen ved nominelle driftsforhold samt beskrive hvordan denne er bestemt eller dokumentert gjennom tidligere erfaringer, tester eller referanseanlegg.

Kontaktreaktoren skal ha en regulerbar hydraulisk oppholdstid på mellom 10 og 30 minutter. Det skal benyttes egnet teknologi for innblanding av ozon, for eksempel injektor eller diffusor som sikrer god masseoverføring. Det skal være prøvetakningspunkt etter ozondoseringspunktet (før kontakttank) for kontrollmålinger av ozon.

Leverandøren skal, før leveranse av pilotanlegget, beskrive forventet ytelse og anbefalte driftsparametere, herunder driftsinnstillinger for å oppnå etterspurte ozondoser.

4.3 Oksygenproduksjon

Ozonanlegget skal være utstyrt med integrert oksygenproduksjon eller tilsvarende løsning som muliggjør drift uten ekstern oksygenforsyning. Kravet er begrunnet i pilotanleggets

mobile og flyttbare bruksområde. Løsningen bør baseres på PSA (pressure swing adsorption) for oksygenproduksjon. Tilbyder skal beskrive eventuell funksjonalitet for en slik løsning **[bør-krav 2]**. Alle nødvendige hjelpe- og støttefunksjoner skal inngå i leveransen og være beskrevet av leverandøren. Anlegget bør opereres uten behov for eksternt kjølevann. Tilbyder skal beskrive eventuell løsning for drift uten behov for eksternt kjølevann **[bør-krav 3]**.

4.4 Instrumentering og styring

Anlegget skal leveres med nødvendig instrumentering for overvåking og styring av prosessen, inkludert måling av vannmengde og ozonproduksjon/dosering, samt system for logging av sentrale driftsparametere. Anlegget skal ha et lokalt styresystem (PLC) som muliggjør regulering av prosessen og eksport av driftsdata, for eksempel via standard grensesnitt (f.eks. USB, Ethernet eller tilsvarende). Det bør være mulighet for registrering og eksport av energiforbruk. Tilbyder skal beskrive eventuell funksjonalitet for slik registrering og eksport **[bør-krav 4]**.

4.5 Restozon og HMS

Det skal inkluderes system for destruksjon av restozon i avgass. Det bør også være mulighet for måling av restozon i avgass. Tilbyder skal beskrive eventuell funksjonalitet for slik måling **[bør-krav 5]**.

Anlegget skal være utstyrt med ozonalarm, i form av lyd og lys, (gassdeteksjon) for varsling av forhøyede ozonkonsentrasjoner i omgivelsene. Anlegget skal ha lokalt nødstop.

Ozonproduksjon og ozondosering skal stanses automatisk ved ozonlekkasje, bortfall av vannføring eller andre feiltilstander som kan medføre uforsvarlig drift. Tilbyder skal i tilbudet beskrive hvordan eventuelle ozonlekkasjer oppdages, begrenses, ventileres og håndteres, samt dokumentere at valgt løsning ivaretar sikker drift og beskytter personell.

Alle komponenter i kontakt med ozon skal være utført i materialer som er bestandige mot ozon.

Leverandøren skal dokumentere at anlegget er prosjektert, bygget og levert i samsvar med gjeldende lov- og forskriftskrav til helse, miljø og sikkerhet (HMS), samt Oppdragsgivers HMS-krav. Nødvendig dokumentasjon skal fremlegges på forespørsel og senest ved overlevering av anlegget.

5 Delanskaffelse 2: Pilot med tre filterkolonner

5.1 Prosess og kapasitet

Det skal leveres et enkelt, komplett, ferdig prosjektert og prefabrikkert pilotanlegg for etterpolering av avløpsvann i tre parallelle filterkolonner, slik som vist i Figur 1. Anlegget skal bestå av komplett prosessutstyr for pilotdrift, inkludert pumper, rørsystem med nødvendige ventiler, samt tilstrekkelig instrumentering for overvåkning og kontroll. Pilotanlegget skal være utformet for bruk av granulert aktivt kull (GAK) i to filterkolonner og sandfiltermedium (SF) i én filterkolonne. Anlegget skal benyttes til rensing av avløpsvann før sandfilter for GAK 1 og SF, og etter sandfilter for GAK 2, se gjeldende vannmatriser i Tabell 1 og Tabell 2. Oppdragsgiver vil selv anskaffe nødvendige filtermedier til kolonnene. Leverandøren skal tilrettelegge anlegget for enkel fylling, bløtlegging, avlufting, tømning og utskifting av filtermedier.

GAK 1-kolonnen og SF-kolonnen skal hver dimensjoneres for en vannføring på $1,0 \text{ m}^3/\text{t}$ per kolonne. Samlet vannføring gjennom GAK 1- og SF-kolonnen skal ikke overstige $2,0 \text{ m}^3/\text{t}$, tilsvarende maksimal vannføring fra ozonpiloten. GAK 2-kolonnen skal dimensjoneres for en vannføring på $1,0 \text{ m}^3/\text{t}$. GAK 2-kolonnen skal primært benyttes til behandling av vann direkte fra sandfilteret uten forutgående ozonering. Alle tre filterkolonnene skal ha lik geometrisk utforming og hydraulisk kapasitet for å sikre sammenlignbare hydrauliske forhold og redusere betydningen av eventuelle randeffekter. Det skal tilrettelegges for separat drift av hver filterkolonne ved bruk av separate innløpsspumper. Vannføringen skal være kontinuerlig og regulerbar.

Den hydrauliske utformingen i kolonnene skal sikre jevn og lik fordeling av vannet over filtermediet i hver kolonne og minimere randeffekter. Filterbedhøyden i hver kolonne skal være minst 1 m. Kontakttiden (EBCT) i hver kolonne skal ligge i området 10–30 minutter og dokumenteres gjennom dimensjonering. Filterbunnen skal være utformet på en måte som gjør at GAK kan brukes uten ekstra støttemateriale (f.eks. sand). Kolonnene skal være utformet som åpne filtre (ikke trykksatte) for nedstrøms drift med mulighet til manuell tilbakespyling og overløpssikring. Kolonnene skal være utformet for å tillate en ekspansjon av filterbeden på minst 30 % ved manuell tilbakespyling.

5.2 Drift og vedlikehold

Pilotanlegget skal være tilrettelagt for enkel drift og vedlikehold, inkludert utskifting og etterfylling av filtermedium samt manuell tilbakespyling med vann og trykkluft. Det skal være mulig å stanse eller isolere hver filterkolonne uten at dette påvirker driften av de øvrige filterkolonnene, og leverandøren står fritt til å velge teknisk løsning for å oppfylle kravet. Anlegget skal være utformet slik at pumper og øvrig utstyr ikke skades ved bortfall av innløpsvann eller stans i vannstrømmen. Leverandøren står fritt til å velge teknisk løsning for å oppfylle kravet, forutsatt at løsningen sikrer stabil og sikker drift av pilotanlegget.

Kolonnepiloten skal enkelt kunne skjermes mot lys for å hindre tilvekst ved plassering i lyse rom.

Leverandøren skal levere anbefalt prosedyre for fylling, bløtlegging, avlufting og oppstart av filterkolonnene. Prosedyrene skal fremlegges på forespørsel og senest ved overlevering av anlegget.

5.3 Instrumentering og overvåkning

Tilstopping og økt trykkfall forutsettes håndtert gjennom ordinær drift og tilbakespylingsrutiner. Anlegget bør utstyres med en enkel sikkerhetsfunksjon basert på trykk- eller nivåindikasjon over filterkolonnene, som kan gi varsel ved økt trykkfall eller begynnende tilstopping. Tilbyder bes beskrive eventuelle løsninger ved tilbudsinnlevering **[bør-krav 6]**.