

### Principförslag demonstrationsanläggning för behandling av kväverikt byggprocessvatten

Charlotte Bourghardt, Ann Johansen, Solveig  
Johannesdottir

RISE Rapport: 2024:52

# Principförslag demonstrationsanläggning för behandling av kväverikt byggprocessvatten

Charlotte Bourghardt, Ann Johansen, Solveig  
Johannesdottir

Ansvarig handläggare på Trafikverket: Emelie Reidal,

Projektledare på RISE: Charlotte Bourghardt

Ärendenummer: TRV 2023/35272

Dokumentdatum: 2024-10-10

Omslagsbild av Ruben Eriksson

RISE Research Institutes of Sweden AB Sven Hultins plats 5 412 58 Göteborg Telefon: 010-516 50 00 E-post: <a href="mailto:info@ri.se">info@ri.se</a> , Internet: <a href="http://www.ri.se">www.ri.se</a>	Cirkulära avloppssystem RISE Rapport : 2024:52 ISBN: 978-91-89971-11-0
---	--

# Förord

Vid sprängningsarbeten i samband med infrastrukturprojekt bildas ett processvatten som innehåller kväveföreningar från icke-detonerat sprängmedel. Då utsläpp av kväve till naturligt vatten kan ge negativ miljöpåverkan ställs krav på vattnets innehåll innan utsläpp. Vid infrastrukturprojekt i urbana miljöer kan ytkrävande behandlingsmetoder inte användas, utan det ställs krav på en mer kompakt teknik. Dessutom är processvattnets karaktär och dess variation i innehåll över tid en utmaning, liksom de påfrestningar som en aktiv entreprenad ställer på anläggningen.

För att bidra till arbetet med att införa kväveavskiljning på plats har RISE genomfört ett forskningsprojekt som omfattade litteraturstudie av potentiellt lämplig teknik för behandling av processvatten med efterföljande laboratorieförsök av tre utvalda tekniker som presenterades 2022. I denna rapport presenteras resultat för projekt att ta fram ett principförslag för demonstrationsanläggning för att behandla kväverikt processvatten från infrastrukturentreprenader där sprängningsarbete genomförts som vid tunneldrivning. Här presenteras kompletterande provtagning av processvatten samt ett principförslag för en demonstrationsanläggning för att behandla det kväverika processvattnet på en aktiv entreprenad. Dessa projekt har finansierats av Trafikverket genom forsknings- och innovationsplan inom portföljen Bygga.

Under projektet har möten och samtal förts med flera experter från Trafikverket, personal från entreprenörer som driver infrastrukturprojekt samt leverantörer av teknik för processvattenbehandling. Vi riktar ett stort tack till alla dessa som stöttat och gett värdefulla bidrag till projektet. Vi vill även rikta ett tack till projektets handläggare Emelie Reidal. Vi tackar Trafikverket för de beviljade medlen för att genomföra projektet och bidra till ett hållbart byggande av infrastruktur.

Författarna

# Sammanfattning

Vid infrastrukturprojekt som innefattar sprängningsarbeten uppstår ett processvatten som kan ha för höga halter av kväve och andra föroreningar för att släppas ut till recipient. Avskiljning av olja, partiklar, metaller samt pH-justering utförs ofta "on-site". I dagsläget saknas dock en standardiserad metod för kväveavskiljning. Där det är möjligt kan kväveavskiljning ske genom, exempelvis våtmarker, men vid arbete i urbana miljöer kan de möjligheterna saknas. I sådana fall avleds ofta processvattnet till kommunalt reningsverk för behandling innan utsläpp. Avskiljning av kväve från olika typer av spillvatten utförs ofta med biologisk behandling, exempelvis på kommunala reningsverk. På grund av processvattnets innehåll samt variation över tid av både innehåll och flöde är en biologisk process olämplig. Detta framkom i tidigare projekt där biologisk behandling av processvattnet studerades i laboratoriemiljö.

I detta projekt har ett principförslag för en demonstrationsanläggning med kväveavskiljning på aktiv entreprenad tagits fram, i syfte att bidra till mer långtgående behandling av processvattnet på plats. Arbetet har inkluderat studiebesök och provtagning av processvatten för att komplettera befintligt analysunderlag och öka förståelsen för hur processvattnet uppstår, varierar och hanteras. Med projektets referensgrupp bestående av experter hos Trafikverket och representanter från entreprenör, kommunalt va-bolag och tillsynsmyndighet har det diskuterats krav på anläggningen, krav på utgående vatten samt praktiska förutsättningar för demonstrations- och fullskaleanläggning. För kravställningen har även juridiska underlag samt kommunala riktvärden granskats för att ställa ett generellt krav på utgående vatten gällande kväveinnehåll. Vid framtagande av principförslaget har leverantörer av tekniska lösningar och komponenter inkluderats.

Genomförd provtagning finns rapporterad i PM som utgjort delleverans till projektet. Principförslaget presenteras i CAD-ritning och flödesschema baserat på P&ID. Föreslagen demonstrationsanläggning utgörs av en container som placeras efter befintlig anläggning med kemisk fällning och partikelavskiljning. Demonstrationsanläggningen använder ett delflöde som efter behandling släpps till befintligt utlopp. Vald behandlingsteknik är omvänd osmos följt av elektrokemisk behandling, där den senare visade god avskiljning i tidigare laborieförsök. Denna konfiguration innebär att två processer kan utvärderas, var för sig eller i kombination. Vidare kan vattnet recirkuleras genom en eller båda processerna för att uppnå högre avskiljning. Till principförslaget hör även förslag till drift och provtagning för dess utvärdering samt komponentlista och kostnadsuppskattning.

En utmaning som lyftes är de påfrestningar på teknisk utrustning som miljön på en aktiv entreprenad leder till. Potentiellt kan mycket höga flöden uppstå, men även förhöjda partikelhalter. För att skydda de känsligare delarna i anläggningen, som membran, behövs åtgärder för att övervaka och hantera oväntat höga partikelhalter. I principförslaget ingår därför en förfiltrering. Kväveavskiljningen innebär att en koncentrerad volym kväverikt vatten produceras som restflöde. Det finns olika sätt för kvittblivning eller tillvaratagande av detta vatten, vilka inte har studerats i detalj i detta projekt. Volymminskningen underlättar dock transport och kväveinnehållet innebär att det kan finnas aktörer intresserade av att återvinna kvävet.

# Summary

## **Principal design of demonstration plant for treating nitrogen rich construction water**

Constructing roads and railways may involve rock blasting. Process water from such activities may contain too high levels of nitrogen and pollutants to be directly discharged to receiving waters. Such process water is being treated on site to remove oil, particles, metals, and pH adjustments. There is no currently standardized method for treating the nitrogen. Where possible, area intensive methods such as wetlands can be used. In urban areas such methods are unfeasible, instead the process water is usually led to a municipal wastewater treatment plant. The process water varies significantly from other types of wastewaters, such as municipal. Common treatment methods for wastewater may not be suitable for this rock blasting process water. Furthermore, the characteristics of the process water can vary greatly over time.

In this project, a principal design is presented for a demonstration plant for nitrogen treatment at an active construction site. The purpose is to contribute to a more advanced treatment of process water on site. This has included study visits and sampling of the process water to increase the understanding of its origin, variations, and current management. Together with the project's reference group, discussion have been held regarding requirements on the treatment unit, demands for its treatment efficiency and practical aspects during both demonstrational and full-scale use. For the requirements, regulatory documents and guideline values have been studied to present a general treatment efficiency goal. For the principal design, technology suppliers have been involved.

The results of water sampling and analyses are presented in a separate PM. The principal design is comprised of a CAD-drawing and process scheme based on P&ID. The suggested demonstration plant is comprised of a container which will be placed after the current water treatment. It treats a partial flow and uses the current outlet. The technological processes selected are reverse osmosis followed by electrochemical treatment. This process design enables evaluation of the technologies separately and combined, as well as option to reach higher and lower discharges values by recirculation within the treatment facility. Suggestions for running the treatment and sampling to evaluate its effectiveness is included, as well as list of components and cost estimates.

A challenge that has been frequently discussed throughout the project is the strain the environment of an active construction site puts on technical components. Problematically high flows of water can arise, followed by a substantial increase in particulate matter in the process water. To protect the sensitive equipment in the nitrogen treatment, such as membranes, a pre-filtration. The nitrogen treatment renders a concentrate, which has a smaller volume and higher nitrogen concentrations. This residual flow needs to be managed, with several potential options for deposition. The smaller volume means easier transportation to an offsite facility for further treatment, and the nitrogen concentrations could make it suitable for nitrogen recovery.

# Innehåll

<b>Förord</b> .....	<b>i</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>ii</b>
<b>Summary</b> .....	<b>iii</b>
<b>Innehåll</b> .....	<b>iv</b>
<b>1. Bakgrund</b> .....	<b>1</b>
1.1 Sammanställd kunskap och tidigare projekt .....	2
1.2 Kväveföreningar i processvatten .....	3
1.3 Syfte och mål.....	3
1.4 Avgränsningar .....	4
<b>2. Metod</b> .....	<b>5</b>
2.1 Samverkan och kravställning .....	5
2.2 Provtagning och analys .....	6
2.3 Principförslag .....	7
<b>3. Resultat och diskussion</b> .....	<b>8</b>
3.1 Samverkan och kravställning.....	8
3.2 Provtagning och analys .....	11
3.2.1 Onlinemätning och veckoprovtagning.....	11
3.2.2 Provtagningsresultat .....	17
3.2.3 Diskussion om provtagning och analys .....	18
3.3 Principförslag demonstrationsanläggning.....	19
3.3.1 Omvänd osmos och elektrodejonisering.....	19
3.3.2 Demonstrationsanläggning .....	21
3.3.3 Förslag till drift och provtagning.....	23
3.3.4 Diskussion om demonstrationsanläggning .....	26
<b>4. Förslag på fortsatt arbete</b> .....	<b>27</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>28</b>
<b>Bilaga 1 Analysresultat</b> .....	<b>1</b>
<b>Bilaga 2 Principförslag</b> .....	<b>1</b>
<b>Bilaga 3 PM provtagning</b> .....	<b>1</b>

# 1. Bakgrund

Sprängningsarbete förekommer vid flera typer av infrastrukturprojekt, såsom vid tunneldrivning och bergsskärningar. De sprängmedel som används innehåller kväve, primärt i form av nitrat och ammonium. När sprängmedlet detonerar övergår kväveinnehållet till kvävgas, men allt sprängmedel detonerar inte. Icke-detonerat sprängmedel ger upphov till kväveföreningar som kan spridas med byggprocessvatten från byggarbetsplatsen, med kvävehalter som kan variera kraftigt på kort tid.

Nitrat och ammonium ingår i flera bio-geokemiska system och en överbelastning av dessa ämnen i akvatiska och markbaserade ekosystem medför negativa konsekvenser för växt- och djurliv. Ett typiskt processvatten från denna typ av verksamhet klassas enligt 9 kapitlet i miljöbalken som avloppsvatten. Detta ställer krav på en lämplig bortledning och/eller behandling av vattnet innan det kan ledas till recipient.

Byggproduktionsvatten kan omfattas av olika lagar och regler beroende på omfattning, föroreningsinnehåll och riskerad påverkan i recipient. Det kan behövas tillstånd, anmälan eller endast att informera berörda. Samtlig hantering av byggproduktionsvatten omfattas av de allmänna hänsynsreglerna i 2 kapitlet i Miljöbalken. Krav från myndigheter är en del i att säkerställa att lagkrav följs. I infrastrukturprojekt med tunneldrivning innebär risker för negativ miljöpåverkan på vatten, mark och luft som ska regleras i verksamhetens program för egenkontroll. För att nå en god kvalitet på utsläpp av processvatten behövs samtal och samverkan mellan olika berörda parter med olika kompetensområden som Trafikverket, tillsynsmyndighet och i flera fall va-huvudmän.

Beroende på vilka volymer som måste behandlas samt dess (fysio)kemiska sammansättning kan i vissa fall processvatten ledas via spillvattennätet till kommunala avloppsreningsverk. För detta krävs va-huvudmannens godkännande. Den primära uppgiften för kommunala avloppsreningsverk är att rena spillvatten från hushåll. Reningsverk har ingen skyldighet att ta hand om processvatten, från verksamheter eller infrastrukturprojekt, som avviker från hushållspillvattenkvalitet. Om karaktären väsentligen avviker från hushållsliknade spillvatten kan va-huvudmannen välja att inte ta emot avloppsvattnet med hänvisning till risken för negativ påverkan på anläggningen.

I projekt som genomförs på landsbygden, kan finnas tillgång till och möjlighet att utnyttja stora obebyggda ytor och där kan våtmarker eller liknande naturbaserade reningssystem nyttjas. Denna typ av behandling är inte tillämpligt för alla anläggningsprojekt, exempelvis för projekt som sker i tät bebyggelse. Om va-huvudmannen inte tar emot processvatten, och anlagda eller naturliga våtmarker inte finns att tillgå, behöver processvatten tas om hand inom byggarbetsplatsen.

Hantering av processvatten inom byggarbetsplatsen ställer krav på kompakta och robusta behandlingstekniker. Idag saknas metoder för adekvat kvävereduktion av processvatten i den svenska anläggningsbranschen. Detta projekt är en del i arbetet med att ta fram ett principförslag till en demonstrationsanläggning, för att testa metoder att behandla kväverikt processvatten på byggarbetsplatsen.

Ett av Trafikverkets projekt där processvatten från tunneldrivning släpps till ett kommunalt avloppsreningsverk är Projekt Västlänken i Göteborg. För detta krävs villkor genom tillstånd och avtal med avloppsreningsverk, vilket medför att Trafikverket inte själva kan styra över vattenhanteringen och är beroende av andra parter.

## 1.1 Sammanställd kunskap och tidigare projekt

Flera forsknings- och utvecklingsprojekt har genomförts för att belysa problemen med vattenkvalitet inom olika byggprocesser. I rapporter som tagits fram med stöd från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), beskrivs vattnets ursprung i byggprocessen, dess föroreningsinnehåll, effekter på miljö samt vissa metoder för behandling av vattnet (SBUF 2007; SBUF 2013). I en förstudie, beställd av Trafikverket (Hamel 2018), identifieras brist på kunskap och ett behov av forskning om hantering av byggproduktionsvatten. Inom ramen för ett uppdrag av regeringen avseende transportsystemets påverkan på yt- och grundvattentillgångar, genomfördes en förstudie av Bångman et al. (2018). I studien identifieras framgångsfaktorer för att skydda yt- och grundvatten från föroreningar till en god planering av nya anläggningar, ändamålsenliga skyddsåtgärder och försiktighetsmått under byggprocessen. I det arbetet spelar effektiva processer en viktig roll.

Det finns ett flertal processer med både kemiska och biologiska metoder för kvävereduktion beskrivna inom litteraturen. Sammansättningen i spräng- och processvatten samt förhållandena som råder på byggarbetsplatser ställer dock andra krav än vad som normalt ställs för konventionell behandling av spillvatten. Generellt karakteriseras detta processvatten av låga halter av organiskt kol och fosfor, låg temperatur, varierande flöde och varierande kvävehalter. Sammantaget innebär det att vattnet är av komplex och varierande karaktär och det är inte självklart vilken metod för behandling som är lämpligast.

I projektet *Rening av näringsämnen i överskottsvatten i infrastrukturentreprenader* genomfört av RISE med finansiering från Trafikverket, genomfördes litteraturstudie samt laboratorieförsök. Litteraturstudien presenteras i delrapport av Johannesdottir et al. (2020) där kunskap om potentiella tekniker sammanställas samt urvalsprocess inför laboratorieförsök. I delrapport för laboratorieförsök (Hübinette et al., 2022b) redovisas resultat av behandling med tre olika tekniker: jonbyte, biologisk behandling samt elektrokemisk kapacitativ avjonisering (capacitative deionization, CDI). Slutsatser var att biologisk behandling ej är lämplig som ensam metod, medan jonbyte och CDI kan användas för att klara ett utsläppskrav på 8 mg/l totalkväve. Projektet sammanfattas i en slutrapport av Hübinette et al. (2022a) och ger underlag till principförslag för en demonstrationsanläggning.



## 1.2 Kväveföreningar i processvatten

Kväveföreningar i vatten mäts som totalkväve ( $N_{\text{tot}}$ ), där det ingår kväve som är bundet som ammonium-kväve ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ), nitrit-kväve ( $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ) och nitrat-kväve ( $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ) samt organiskt bundet kväve.

Efter tunneldrivning avgår rester av sprängämnet ammoniumnitrat till ett processvatten. I processvattnet förekommer ammoniumnitraten ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) huvudsakligen som ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) och nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Ammonium kan förekomma i tre olika former: vattenlöslig, fria joner och olöslig ammonium. Vattenlösligt ammonium binds lätt till partiklar genom van-der-Waals-krafter, dvs. väte-bindningar, men dessa bindningar bryts också lätt. Fria joner kan genom jonbindningar också bindas till partiklar, men kan även bindas till andra ämnen som metalljoner.

Ammoniumnitrat används även till gödselmedel, då det innehåller näringsämnen som gynnar biologisk tillväxt. Nitrat är lättillgängligt kväve för tillväxt av växter och alger. Toxiciteten för ammonium är mycket hög när det gäller fisk. Då ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) omvandlas till nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) och försurande vätejoner ( $\text{H}^+$ ) förbrukas syre ( $\text{O}_2$ ) via den biologiska processen nitrifikation. Förorening av naturliga vatten genom näringsämnen kan därför ha flera negativa effekter på ekosystemet såsom algblooming och syrebrist vid vattenförekomstens botten.

Ammonium i höga halter är också nitrifikationshämmande och ger utslag i nitrifikationshämningstester. Vid kommunala avloppsreningsverk (ARV) utnyttjas ofta processen biologisk nitrifikation för att reducera kväve. Alla ammoniumsalter utom karbonat, oxalat och ammoniumfluorid är skadliga för betong. Korrosionsangrepp på betong anses kunna börja redan vid så låga halter som 30 mg/l men i praktiken sätts rikt- eller momentanvärde vid 60 mg/l. Betong är ett vanligt förekommande material i det kommunala avloppsledningsnätet.

Fortsättningsvis fokuseras huvudsakligen på ammonium, som har en tydlig negativ miljöpåverkan och är mest relevant för behandling innan utsläpp till ledningsnät, kommunala ARV och recipient.

## 1.3 Syfte och mål

Övergripande mål för projektet var att ta fram ett principförslag på en pilotanläggning avseende kväverening för att få godtagbar vattenkvalitet vid utsläpp. Ett delmål i detta var att kvalitetsbedöma processvatten efter befintlig behandling, i den mån det krävs för att lämna förslag på demonstrationsanläggning med en metod som kan fungera på en aktiv byggarbetsplats.

Resultat från projektet är ett principiellt förslag på en demonstrationsanläggning som kan bidra att Trafikverket på sikt kan behandla processvatten innehållande kväve till en godtagbar kvalitet. Behandlingsmetoden ska kunna nyttjas av Trafikverkets anlitade entreprenörer och andra beställare/utförare av anläggningsprojekt. Projektet bidrar till att öka kunskapen hos Trafikverkets om möjliga alternativ att införa egen behandling av kväverikt processvatten från tunneldrivning.

## 1.4 Avgränsningar

Val av lämplig metod för kvävereduktion i processvatten från tunneldrivning utgår från ett urval av behandlingsmetoder som redovisats i tidigare projekt (Hübinette et al. 2022a) för design av en demonstrationsanläggning.

Projekt omfattar processvattenhantering efter befintlig behandlingsanläggning på byggarbetsplats. Efter demonstrationsanläggningen avleds vattnet till befintlig utsläppspunkt.

Utvärdering eller optimering av behandlingsteknik av processvatten som görs på Trafikverkets byggarbetsplatser för exempelvis halter av suspenderat material, metaller, pH eller olja omfattas inte.

Specifik vattenbesparing och återanvändning av processvatten omfattas inte i projektet. Dock inkluderas i rapporten diskussioner och kunskap om möjliga åtgärder för att bidra med nytta kommer att beaktas, såsom återanvändning av behandlat processvatten och möjlig avyttring av restprodukter.

## 2. Metod

Metoder och tillvägagångssätt som använts i projektet beskrivs i följande avsnitt 2.1 Samverkan och kravställning, 2.2 Provtagning och analys samt 2.3 Principförslag. Resultat och diskussion presenteras i kapitel 3 och Slutsats och förslag på fortsatt arbete i kapitel 4.

### 2.1 Samverkan och kravställning

Det finns intressenter och aktörer med olika uppdrag inom infrastrukturprojekt. Dialog och kommunikation är en förutsättning för ett framgångsrikt projekt som lyfter förutsättningar och utmaningar. Som underlag inför möten och dialog granskades, analyserades och tolkades kunskap från tidigare projekt och tillgänglig litteratur för att identifiera utredningsbehov i projektet. En viktig del i detta är att utreda kvalitetskrav på utsläpp av processvatten till recipient. Kommunala riktvärden och domar relaterat till processvattnens utsläppskvalitet granskades och sammanställdes. Granskningen omfattade domslut avseende Trafikverkets förslag till utsläppsvillkor för kväve i tillståndsansökan med yrkanden, prövning och domslut.

En avgörande del i att ta fram ett underlag till ett principförslag för en demonstrationsanläggning var att ta stöd från personer med kompetenser inom olika områden. Inför referensgruppsmöten gjordes ett urval av deltagare med kompetenser inom bygg och anläggningsbranschen där tunneldrivning genomförs. Referensgruppsmötenas syfte var att bidra till att identifiera praktiska aspekter och utmaningar inför kravställning i principförslaget för demonstrationsanläggningen. Under projektet hölls två digitala referensgruppsmöten.

I referensgruppsmöten deltog Trafikverket, som ska bidra till en effektiv och hållbar samhällsutveckling genom den statliga infrastrukturen i väg- och järnvägstrafik, externa entreprenörer bygger ofta anläggningen. Tillsynsmyndighet hanterar tillståndsansökan, ställer villkor och krav på kontrollprogram enligt Miljöbalken och va-huvudman säkerställer att Lagen om Allmänna vattentjänster följs. RISE med uppdrag i projektet, bidrog med kompetens att utreda och utveckla projektets syfte att ta fram behandlingstekniker för kväverikt processvatten vid Trafikverkets infrastrukturentreprenader.

Inför arbetet med att designa ett principförslag för en demonstrationsanläggning besöktes två av Trafikverkets byggarbetsplatser för bergtunnlar, Västlänken och Förbifart Stockholm, där sprängningar genomfördes. Vid besöken deltog utöver Trafikverkets ansvariga för respektive arbetsplats även Trafikverkets entreprenörer på plats.

## 2.2 Provtagning och analys

Underlaget för metoden baserades på en kvalitetsbedömning av processvatten efter befintlig behandling. Underlag utgick från befintliga data och mätningar av processvattnets flöde och kvalitet, samt kompletterande provtagning med fokus på förhållande vid sprängningsaktiviteter. Mätvärden och analysdata från Trafikverket granskades. Kvalitativa val låg till grund för kompletterande provtagning och analys.

Ett provtagningsprogram för planering och genomförande av provtagning samt val av analyser av processvatten togs fram. Provtagning och analys fokuserade på kväve samt ämnen relaterade till kvävereduktion. Provtagningen planerades utifrån förhållanden vid Trafikverkets arbetsplatser för tunneldrivning, samt anpassades efter den aktuella arbetsplatsen ST209 vid Skår tunnel i Göteborg.

Ordinarie veckoprovtagning för egenkontroll utförs kontinuerligt. Den kompletterande provtagningen uttogs med tätare intervall för att öka kartläggningen av variation under provtagningsperioden. En automatisk provtagare (Figur 1) tog tidsproportionella prover var 10:e minut, och provuttag utfördes två gånger per dag vid totalt tio tillfällen fördelat på två provtagningskampanjer. Detta bedömdes vara en rimlig frekvens för att visa på variation över tid. Kemisk vattenanalys utfördes på ackrediterat laboratorium.



Figur 1: Automatisk provtagare vid utlopp efter befintlig behandling vid ST209, Västlänken i Göteborg

Redovisningen av dessa provtagningar samt en sammanställning av analysprotokoll redovisas i PM Provtagning TRV-N Skår 209 (2024) (Bilaga 3).

Resultat av provtagningen har sammanställts tillsammans med befintliga mätvärden och analysdata från Trafikverket, som en del av en processutredning inför framtagandet av en demonstrationsanläggning för reduktion av kväve.

## 2.3 Principförslag

Ett principförslag för en demonstrationsanläggning har tagits fram baserat på tidigare utredningar samt mätdata och analysresultat som beskrivs i ovanstående kapitel. Demonstrationsanläggningen designades för att placeras i en container vid en av Trafikverkets pågående entreprenader för tunneldrivning, mellan befintlig behandling av processvatten och dess utlopp.

Val av behandlingsteknik beslutades efter ytterligare studier av tidigare arbeten och processvattnets karaktär samt dialoger med teknikleverantörer. Teknikleverantörer kontaktades för att säkerställa tillgång och relevans samt för att få ett kostnadsförslag.

Vid framtagande av principförslaget gjordes processförslag. Modeller som blockschema baserade på Process- och instrumentdiagram (P&ID) har använts för att beskriva process och flöde i principförslaget för demonstrationsanläggningen. Principförslaget ritades i CAD och inkluderar även en komponentlista.

## 3. Resultat och diskussion

Baserat på olika former av samverkan, utredning om olika krav på utsläpp av processvatten samt en sammanställning av provtagning togs ett underlag fram till ett principförslag för en demonstrationsanläggning för rening av kväverikt processvatten.

### 3.1 Samverkan och kravställning

Samverkan är en grund för genomförande av uppdrag. Under projektets genomförande har återkommande avstämningsmöten hållits med Trafikverket för att stämma av ändrade förutsättningar och att arbetet följer uppdraget.

Vid referensgruppsmöten bidrog deltagarnas breda kompetens till insikter och aspekter på vad som ska beaktas vid design av ett principförslag för demonstrationsanläggningen. Underlag från referensgruppsmöten bidrog till att ta fram förslag på processlösningen, utsläppskrav på processvatten, behov av förbehandling, flödesreglering, provhantering och tekniska krav på anläggningen för att klara förutsättningar på plats. Behovet av drift och underhåll lyftes då det ska fungera med en rimlig tidsåtgång. Diskussioner från möten sammanfattas i följande punkter:

- Baserat på sammanställning av rapporter, domslut och kommunala riktvärden för utsläpp bedöms det som rimligt med ett utsläppskrav på 10 mg/l totalkväve. Anläggningen ska därför klara av behandling till utsläppskvalitet på 10 mg/l totalkväve.
- Tidig planering för att bli så bra som möjligt, då Trafikverket har möjlighet att styra placeringen. Även samråd med extern entreprenör med ansvar på plats är viktigt. Det är många aspekter att ta hänsyn till och arbetsplatser har olika förutsättningar som ska beaktas.
- Anläggningen bör vara kompakt, lätt att lyfta, lätt att ansluta till el och vatten och isoleras och vintersäkras.
- Risken att stenmjöl och injektionsrester från sprängningsarbeten sätter igen anläggningen behöver hanteras.
- Effektiva filter före demonstrationsanläggningen för att minska risken att kvävebehandlingsteknik störs av partiklar och sätter igen.
- Det bör finnas en möjlighet att förbileda renat processvatten.
- Förutsättningar att ta ut representativa prover på processvatten och att provtagning och driftsansvar är tydliga fördelat och samordnat med Trafikverket och extern entreprenör
- Trafikverkets villkor och interna kemikaliehanteringsstyrning, samt lagkrav styr hur kemikalier kan hanteras vid demonstrationsanläggningen.
- Hantering av kväverikt koncentrat som genereras vid behandling i anläggningen bör beskrivas och till vilka kostnader. Möjlighet till avsättning och nyttiggörande bör beaktas.

Trafikverkets representanter lyfte vikten av att arbeta uppströms för att förebygga och begränsa utsläpp av kväve och andra oönskade ämnen till processvatten. Exempel på åtgärder som framkom är begränsning av spill från sprängmedel, förebygga läckage från sprängmassor och behovsanpassad tömning av sediment i fördröjningsmagasin. Dessutom finns stor potential att minska kväveutsläpp vid fortsatt utveckling av

kvävefria sprängningar. Andra utmaningar är behov och tillgång till dricksvatten. En möjlighet att få rådighet över vattentillgången är recirkulation av renat processvatten för återanvändning vid sprängning.

I flera domar och beslut diskuteras kvävehalter i utsläpp och vilken miljöstörning ett utsläpp kan medföra. Det saknas ofta villkor rörande utsläpp till vatten för främst dräneringsvatten vid täkt och byggprojekt, där kväve är den enskilt största föroreningskällan från täktverksamheten. Identifierade krav på utsläpp av process/dagvatten från bergtäkter är vanligen ett beräknat årsmedelvärde på 10 mg totalkväve per liter som är baserat på 4 - 6 provtagningar under ett år.

Trafikverket har idag inte en fungerande reduktionsteknik för att avskilja kväve till en nivå som klarar Göteborgs riktvärde för utsläpp till recipient 1,25 mg totalkväve per liter (Göteborg 2020). Sammanställning av diskussioner vid referensgruppsmöten bidrog till en målbild avseende riktvärde för utsläpp av processvatten till 10 mg N<sub>tot</sub>/liter för principförslaget.

Vid studiebesök på byggarbetsplatser bidrog samtal och diskussion på plats till att identifiera aspekter och utmaningar till kravställningen. Detta skapade ökad förståelse och kunskap om förutsättningar och begränsningar på byggarbetsplatser för infrastrukturprojekt. En utmaning är det begränsade utrymme som finns att tillgå på byggarbetsplatser i urbana infrastrukturprojekt. Avledning av processvatten till reningsanläggning och utlopp till container för vidare avledning till spillvattenledning är en lösning som sågs vid besök vid ST 209 i Göteborg (Figur 2).



Figur 2: Studiebesök vid ST209 Skår tunnel, Göteborg

I april 2024 öppnades en pilotanläggning för att tillvarata vatten med hög kvävehalt från industrin (Jordbruksaktuellt 2024). Anläggningen besöktes i juni 2024 för att se möjligheter att nyttiggöra ett restflöde med högt kväveinnehåll som kan genereras från anläggning för kvävereduktion (Figur 3).



Figur 3: Studiebesök vid anläggning för återföring av kväverikt processvatten, Västerås

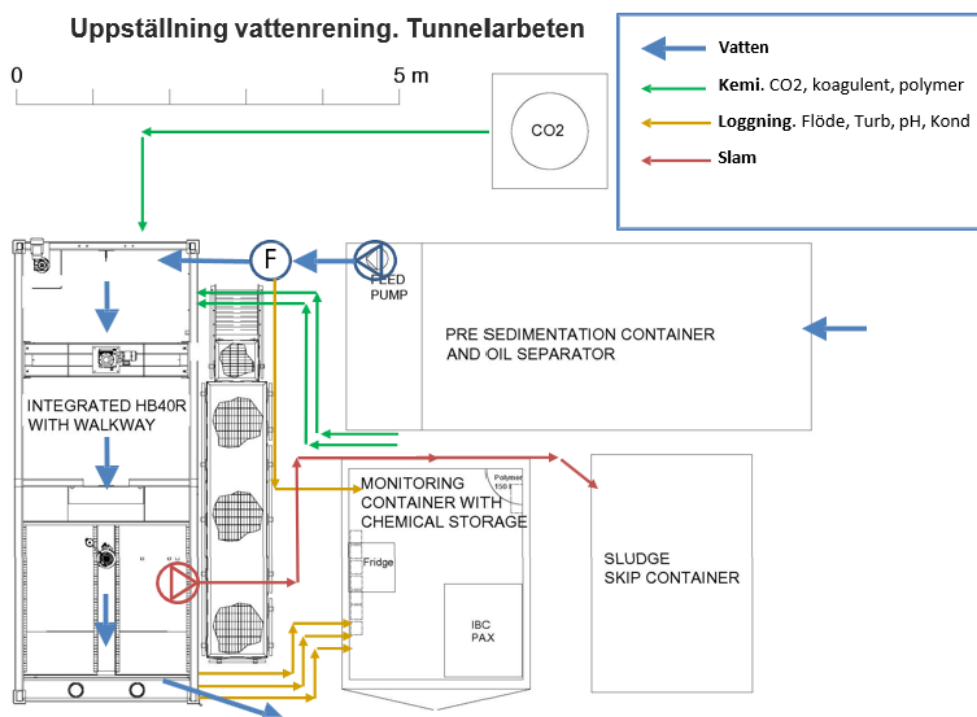


## 3.2 Provtagning och analys

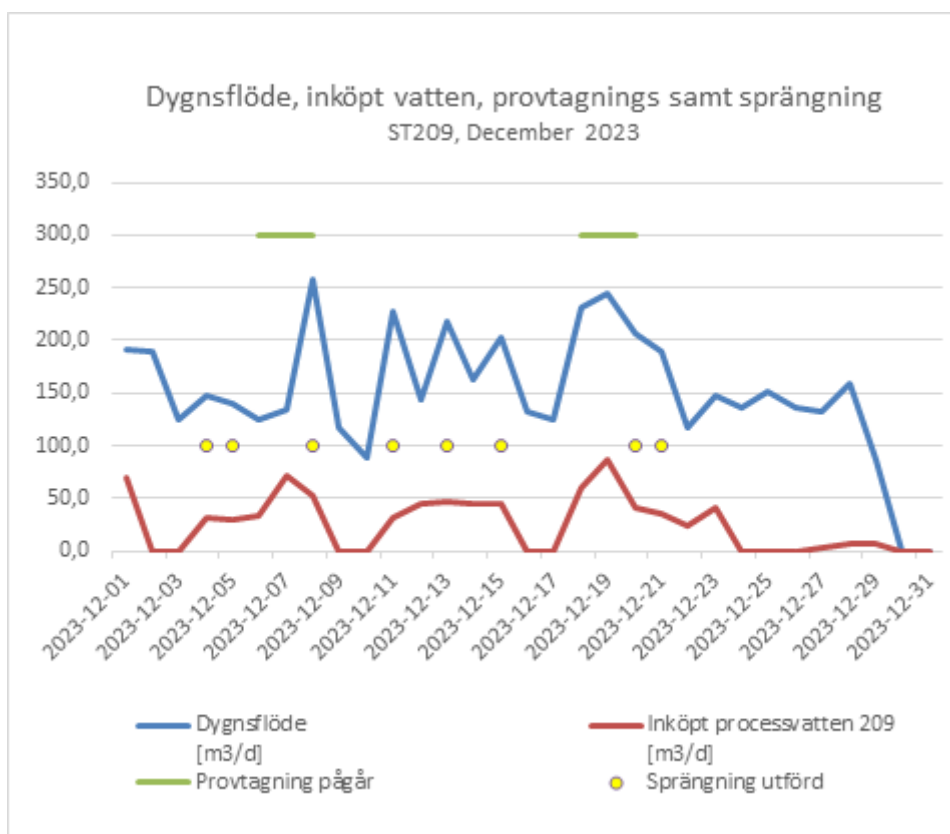
Nyttan av att provta och sammanställa kvaliteten för processvatten är att få kännedom om vattnets kvalitet för att kunna planera åtgärder före utsläpp.

### 3.2.1 Onlinemätning och veckoprovtagning

Vid befintlig anläggning för behandling (Figur 4) av processvatten mäts och loggas parametrar som flöde, pH, konduktivitet och turbiditet. Veckoprovtagning och analys utförs enligt anläggningens program för egenkontroll. Vattenanvändning och sprängningsaktivitet under provtagning visas i Figur 5.

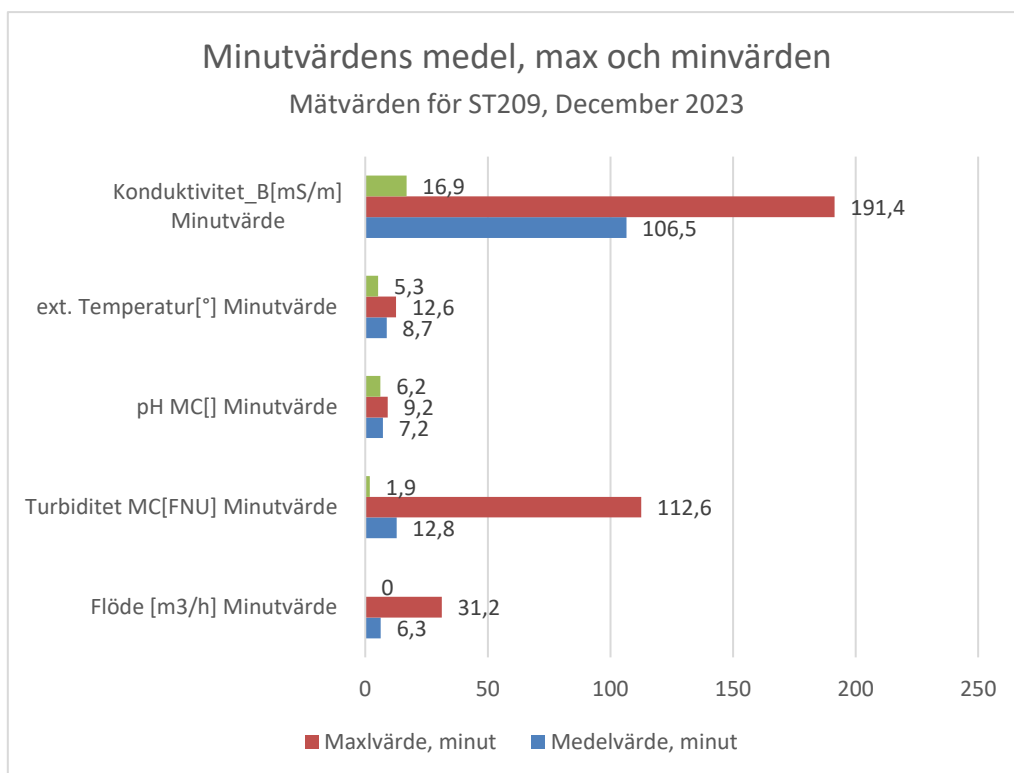


Figur 4: Exempel på befintlig behandling och mätning av processvatten



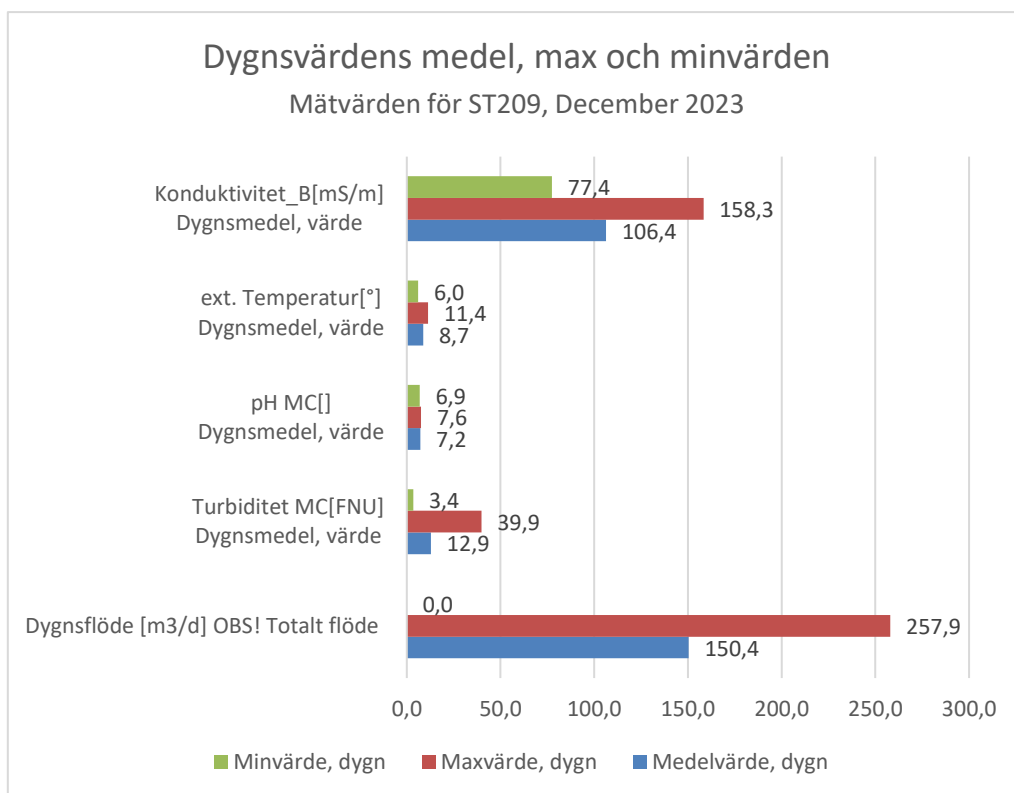
Figur 5: Dygnslöde, inköpt vatten, sprängning och provtagning under december 2023, ST209

I Figur 5 visar hur flödet varierade samt när sprängning och provtagning utfördes i december månad 2023. Mängden inköpt vatten (röd linje) och den beräknade mängden vatten som behandlades (blå linje) på den befintliga reningsanläggningen. Skillnaden mellan dygnslödet och den inköpta vattenmängden följs åt, med ett tillkommande basflöde på 100-150 m<sup>3</sup>/dygn som kan antas vara inläckage. Sprängningar (gul ring) utfördes vid 8 tillfällen och provtagning utfördes under två provtagningskampanjer (grön linje) under månaden.



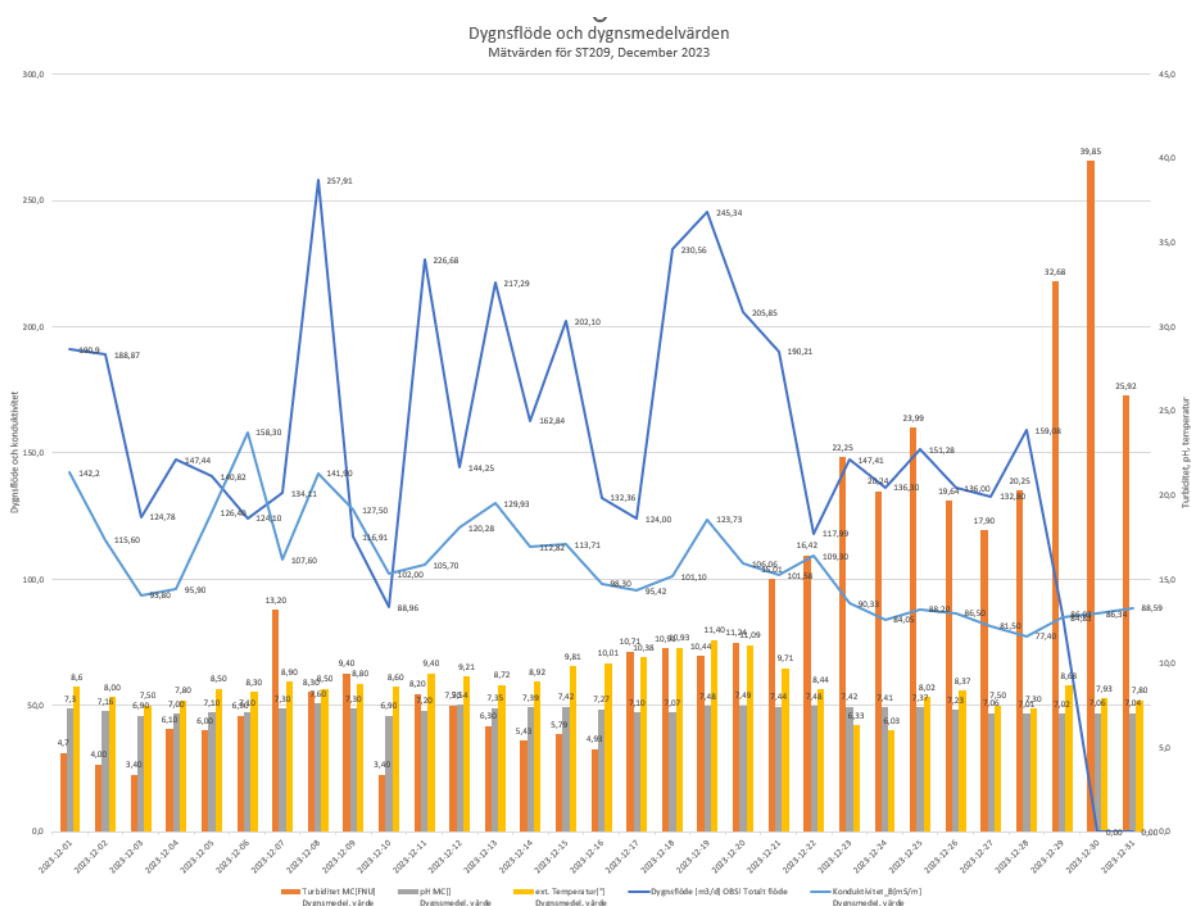
Figur 6: Minutmedel, max och minvärde för ST209 under december 2023

December månads medelvärde samt maximala och minimala värden för konduktivitet, temperatur, pH, turbiditet och flöde baserat på minutvärden från onlinemätning på reningsanläggningen på ST209 ses i Figur 6. Flödet varierade kraftigt från en minut till en annan. För dessa minutvärden var medelvärdet för flödet genom anläggningen var 6,3 m<sup>3</sup>/h, och decembers maximala flöde var 31,2 m<sup>3</sup>/h medan det minsta värdet var 0 m<sup>3</sup>/h. dvs inget flöde. Konduktiviteten varierande från 16,9 till 191,5, med det medelvärde på 106,5 för minutvärden. Konduktiviteten anger vattnets elektriska ledningsförmåga, dvs. joner lösta i vatten. Förändring av konduktivitet påvisar en förändring av den totala halten av joner, vilket i detta processvatten indikerar en trolig förändring av halten av ammonium och nitrat.



Figur 7: Dygnsmedel, max och minvärde för ST209 under december 2023

December månads medelvärde samt maximala och minimala värden för konduktivitet, temperatur, pH, turbiditet och flöde baserat omräknat till dygnsvärden som omräknats från onlinemätning på reningsanläggningen på ST209 ses i Figur 7. Flödet varierade över tid, och under slutet av december kunde utläsas att ingen större aktivitet pågick på arbetsplatsen. För dessa dygnsvärden var medelvärdet för flödet genom anläggningen var 150,4 m<sup>3</sup>/d, och decembers maximala flöde var 257,9 m<sup>3</sup>/d medan det minsta värdet var 0 m<sup>3</sup>/d dvs inget flöde. Konduktiviteten varierande från 77,4 till 158,3, med det medelvärde på 106,4 för minutvärden. Konduktiviteten anger elektrisk ledningsförmåga, dvs joner. Eftersom sprängmedel använts, så kan ammonium och/eller nitrat förväntas bidra till detta utslag. Skillnaden mellan max- och minvärden för minutvärden respektive dygnsvärden åskådliggör hur kraftigt dessa mätvärden varierar, och att gleshet mellan provuttag riskerar att ge missledande processteknisk information.



Figur 8: Dygnsflöde och dygnsmedel, max och minvärde för turbiditet, pH, temperatur & konduktivitet under december 2023, ST209

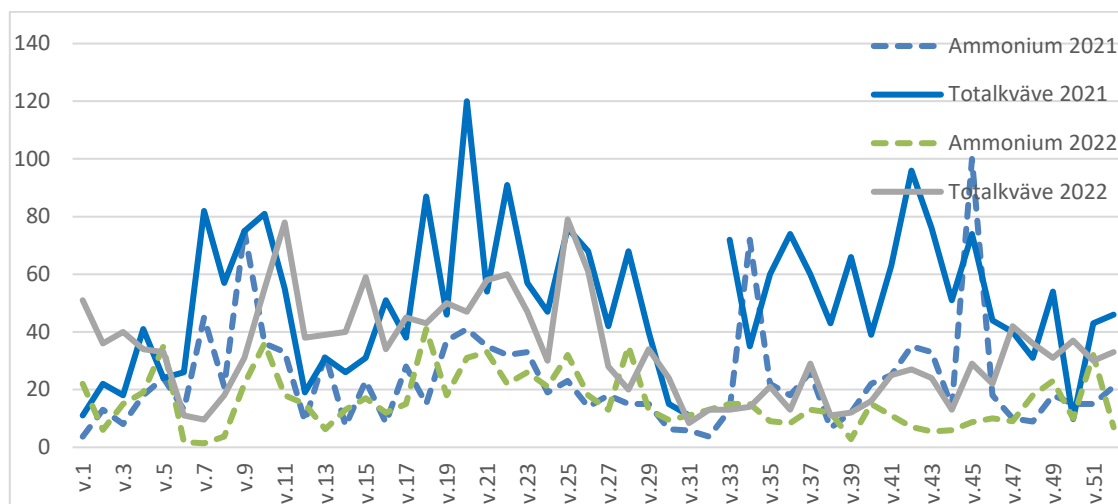
I Figur 8 ses dygnsmedelvärden för dygnsflöde (mörkt blå linje) och för turbiditet (orange stapel), pH (grå stapel), temperatur (gul stapel) och konduktivitet (ljus blå linje) visas Figur 8. Flödet avtar i slutet av månaden, vilket kan bero på mindre aktivitet under juledighet. Turbiditet stiger i slutet av perioden, vilket kan bero på en högre halt av partiklar alternativt fel på mätutrustning.

Konduktiviteten har toppar den 1/12, 6/12, 8/12, 13/12, 19/12

Sprängning utfördes 4/12, 5/12, 8/12, 11/12, 13/12, 15/12, 20/12, 21/12.

Konduktivitetens toppar stämmer till viss del överens med sprängning, Dock saknas information om tillrinningstid för vatten från sprängningstillfälle till processvattnet när anläggningen.

## Veckoprovtagning för kväve och ammonium år 2021 och 2022



Figur 9: Veckoprovtagning för kväve och ammonium år 2021 och 2022

I Figur 9 ses hur totalkväve och ammonium varierar under år 2021 och 2022. År 2021 visar blå heldragen linje totalkväve, och blå streckad linje visat ammonium. År 2022 visar grå heldragen linje totalkväve, och grön streckad linje visar ammonium.

Halterna är generellt sett högre under år 2021 än år 2022.

För totalkväve finns under år 2021 en topp på närmare 120 mg/l, och 6 st. toppar mellan 80 och 100 mg/l.

När det gäller suspenderade ämnen från veckoprovtagning under perioden vecka 39 2020 till och med vecka 52 2023 så varierade mätvärdet. Medelvärdet under perioden låg på 15,5 mg/l, dess minvärde var 1,9 mg/l och dess maxvärde var 170 mg/l. Det högsta tillåtna värdet för utsläpp till ledningsnätet är 150 mg/l.

### 3.2.2 Provtagningsresultat

I Tabell 1 ses halter av kväveföreningar vid respektive provtagning.

Tabell 1: Koncentrationer i mg/l ifrån provtagningsperiod 1 & 2, med fokus på kväveföreningar och pH.

Datum (mg/l)	Total kväve, N <sub>tot</sub>	Ammonium-kväve, NH <sub>4</sub> -N	Nitrit & nitratkväve	Nitritkväve, NO <sub>2</sub> -N	Nitratkväve, NO <sub>3</sub> -N	pH 20°C
6 dec em	72	26	39	4,1	35	7,4
7 dec fm	17	7,1	12	2,2	9,8	8
7 dec em	22	9,2	16	2,8	13	7,5
8 dec fm	26	9,4	17	2,4	15	7,6
8 dec em	25	9,3	17	2,5	14	7,9
18 dec em	66	28	41	2,7	38	8
19 dec fm	13	0,56	10	2,1	7,9	7,8
19 dec em	13	5,4	10	1,5	8,5	7,9
20 dec fm	80	31	43	2,4	41	7,9
20 dec em	20	9,1	15	1,8	13	7,9

I Tabell 2 ses medelvärdet tillsammans med min- och maxvärde. Som referens visas en möjlig målbild enligt kapitel 3.2 samt riktvärden för utsläpp till Gryaab och Göteborgs stads recipienter. Enheten anges i mg/l.

Alla 10 prover ligger högre än den föreslagna målbilden på 10 mg totalkväve per liter, och mycket högre än Göteborgs riktvärden för utsläpp till dagvatten på 1,25 mg totalkväve per liter. För ammoniumkväve ligger samtliga prover långt under riktvärdet på 60 mg ammonium per liter, vilket är bra för att förhindra korrosion i ledningsnätet, men sämre för processen där det önskvärd med minst 48 mg ammonium per liter. Detta visar förutsättningarna för en kväverening, utifrån de förutsättningar som gällde vid provtagningen. Analysresultatet ses i sin helhet på Bilaga 1.

Tabell 2: Medelvärden samt min- och maxvärden visas med riktvärden (RV) som referens från projektet (se kap 3.2), Gryaab's avloppsreningsverk Ryaverket samt Göteborg stad.

Parameter	Medel (mg/l)	Min (mg/l)	Max (mg/l)	RV enl. Kap 3.2 (mg/l)	Gryaab, RV (mg/l)	Gbg stad, RV (mg/l)
N-tot	35,4	13	80	10	-	1,25
HN <sub>4</sub> -N	13,5	0,56	31		<60/>48	
NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N	22,0	10	43			
NO <sub>2</sub> -N	2,5	1,5	4,1			
NO <sub>3</sub> -N	22,5	7,9	65			

### 3.2.3 Diskussion om provtagning och analys

Provtagningen gav indikation på variation över tid, där tidsintervallet bedöms vara relevant för prover efter uppsamlingsvolym. Mätvärden från onlinemätning av konduktivitet visar att innehållet av lösta joner varierar mycket kraftigt över tid.

Medelvärde var 35,4 mg  $N_{tot}/l$ , maxvärdet 80 mg  $N_{tot}/l$  och minvärdet var 13 mg  $N_{tot}/l$  under provtagningsperioden. Samtliga värden låg alltså över föreslagen målbild redovisad under Kapitel 3.1, på 10 mg  $N_{tot}/l$  och avsevärt högre än Göteborgs stads riktvärde på 1,25 mg  $N_{tot}/l$  (Göteborg 2020).

Resultat från veckoprovtagningen i Figur 9 har mätvärden som ligger upp emot 120 mg  $N_{tot}/l$ . Vid referensgruppsmöte framkom att kvävekoncentrationer vid andra anläggningar kan ligga avsevärt högre.

En iakttagelse var att flödet och utloppsnivån varierade kraftigt, vilket kan medföra försämrad process i både befintligt och framtida behandlingssteg. Flödet kan jämnas ut med en inledande utjämningstank, alternativt optimering av pumpstyrning.



## 3.3 Principförslag demonstrationsanläggning

Ett principförslag presenteras utifrån flödesscheman baserade på P&ID. Dels beskrivs ett filterskåp med omvänd osmos och elektrodejonisering, dels beskrivs hela anläggningen med både filterskåp och kringutrustning som monteras i en container.

### 3.3.1 Omvänd osmos och elektrodejonisering

Projektgruppen valde att efter sammanställning av utsläppskrav, samverka samt provtagning och analys att gå vidare med förslaget med processlösningen omvänd osmos samt efterföljande elektrodejonisering

Naturlig osmos uppstår då ett semipermeabelt membran avskiljer två vattenlösningar med olika koncentrationer av oorganiska salter. För att uppnå osmotisk jämvikt passerar vatten membranet, och ett hydrauliskt tryck uppstår. Omvänd osmos (på engelska Reverse Osmosis, RO) utgår från att naturlig osmosprocess är reversibel. Genom att öka trycket på den ena sidan av membranet så passerar vatten genom membranet, medan salter hålls tillbaka av membranet och kan avskiljas. En RO modul består av ett semipermeabelt membran i ett tryckkärl. De membran som används vid RO låter vatten passera, medan 90-99% av oorganiska salter avskils. Anläggningen utför en automatiserad backspolning innan den går in i stand-by-läge, vilket motverkar uppbyggnad av avlagringar och ger energieffektivitet

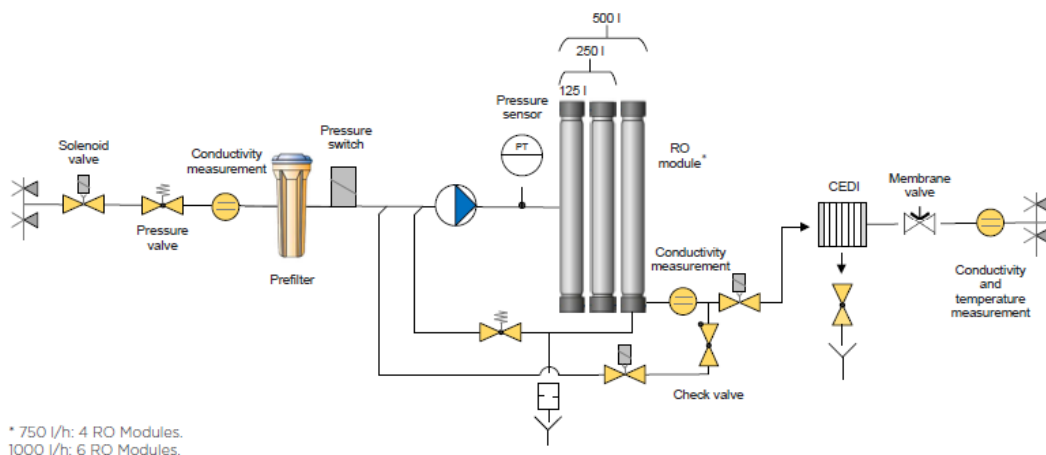
Elektrodejonisering (på engelska Electrodeionization, EDI) är en vattenreningsteknik för högre vatten. EDI används som ett poleringssteg efter RO, och reducerar kvarvarande salter efter RO. Anläggningen består av jonbytarmembran och jonbytarmassor. De är monterade, i en kombination av negativt och positivt laddade membran och jonbytarmassor. Elanslutning får positiva joner (anjoner) att vandra till den negativa elektroden (katod), och negativa joner (katjoner) att vandra till den positiva elektroden (anod). Det behandlade vattnet leds ut.

Regenerering av anläggningen sker per automatik genom kontinuerlig elektrodejonisering (på engelska Continuous Electrodeionization, CEDI). CEDI är en kontinuerlig version av EDI, som ger en kontinuerlig drift och regenerering utan driftstopp. I regenereringssteget avleds brine (saltlösning), och filtret förbereds för fortsatt vattenbehandling. Genom CEDI behandlas vatten med automatiserad regenerering utan kemikalier.

Olika teknikleverantörer kontaktades, för att studera marknadens utbud av anläggningar. En leverantör lämnade kostnadsförslag för ett filterskåp med RO & EDI, vilket är den anläggning som visas nedan.

Ett flödesschema för processen RO & EDI visas i Figur 10. Anläggningen är kompakt monterad i ett filterskåp, med enkel installation (plug & play inklusive förbrukningsmaterial). Processen inleds med en magnetventil och en tryckventil innan en konduktivitetsmätare mäter konduktiviteten på inkommande vatten. Därefter filtreras vattnet genom ett finfilter som skyddar RO och EDI. En pump pumpar vattnet och en tryckvakt kontrollerar trycket innan vattnet filtreras genom RO. (Flödet kan ledas om med automatiska ventiler vid CIP-rengöring (Clean in place) av avlagringar.) Efter RO mäts konduktiviteten. Det avskilda koncentratet avleds och det behandlade vattnet leds

via en magnetventil till EDI för behandling. Avskild brine avleds och det behandlade vattnet leds via en membranventil innan konduktivitet mäts.



Figur 10: Flödesschema för filterskåp med RO & EDI

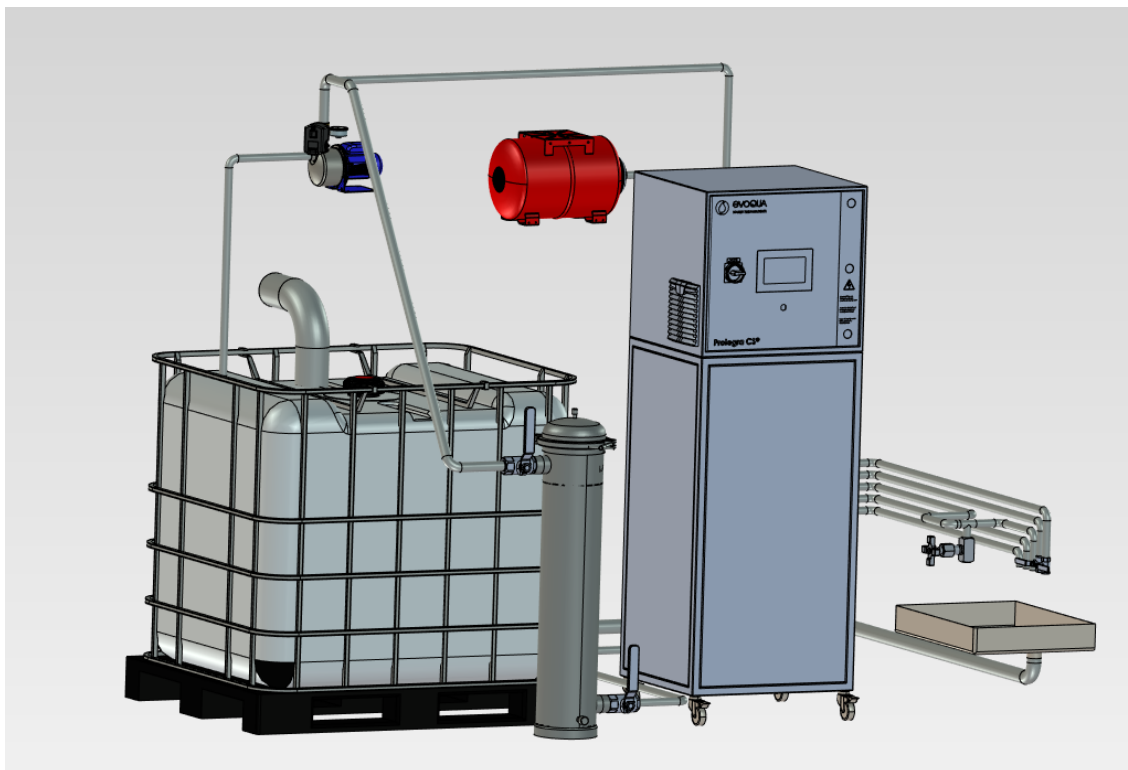
För att studera vattnets kvalitet innan och efter behandlingssteg planeras provtagning för inkommande vatten, mellan RO och EDI samt efter RO och EDI. Detta för att studera halter genom processen samt kväveavskiljning över reningsstegen. Provtagning planeras även av det avskilda koncentratet från RO respektive EDI, vilket ses i Figur 12.

Även konduktivitet mäts online på inkommande vatten, mellan RO och EDI samt efter RO och EDI. Detta för att kunna studera hur konduktiviteten korrelerar med vattnets kvalitet och dess avskiljning, eftersom mätning av konduktivitet är kontinuerlig vilket underlättar vid driftstyrning och kontroll.

Förbrukningsmaterial som erfordras är en filterkassett med aktivt kol, ett finfilter samt RO-modul. RO använder en syra och/eller bas vid CIP-rengöring, men detta förväntas inte inträffa under provperioden pga. begränsade flöden. EDI förväntas fungera utan kemikalier eller annat förbrukningsmaterial under 6 månaders drift. Se Tabell 5.

### 3.3.2 Demonstrationsanläggning

Design av hela demonstrationsanläggningen ses i Figur 11. Filterskåp med RO & EDI kompletteras med kringutrustning som en samlingsstank för inkommande vatten, ett påsfilter, ledningar, ventiler, provtagningskärl samt ett uppsamlingskärl för utlopp som avleder vattnet till utgående avlopp (Bilaga 2)



Figur 11: Design av demonstrationsanläggning

Ett påsfilter filtrerar vattnet, för att eventuellt suspenderat material ska avskiljas före reningsprocessen. Filterinsatsen byts vid behov, beroende på mängden suspenderat material som behöver avskiljas. Förbrukningsmaterial visas i Tabell 5.

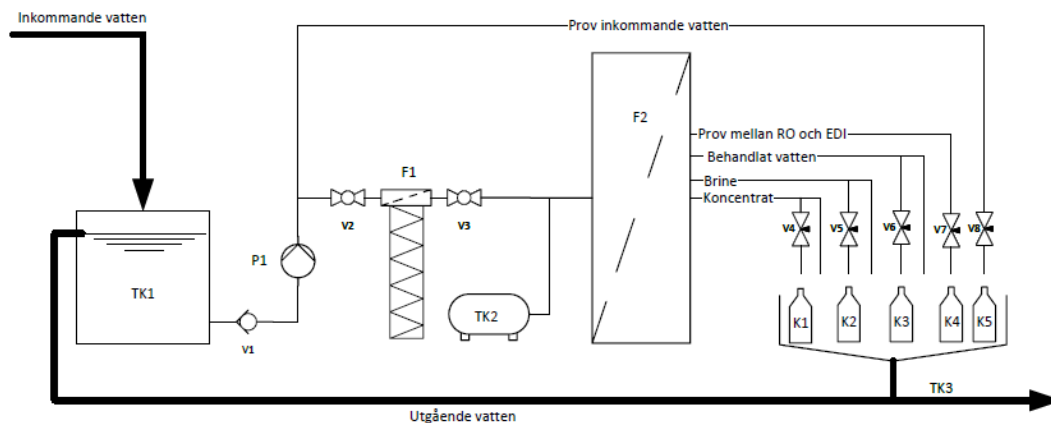
Demonstrationsanläggningen är designad för placering i en 10 fots container. Flödet genom anläggningen är valt till 1 m<sup>3</sup> processvatten per dag under försöksperioden, men anläggningen kan behandla högre flöden.

Flödesschema i Figur 12 och dess beteckningar i Tabell 3 visar flödet genom demonstrationsanläggningen. Behandlat vatten från befintlig anläggning betecknas "Inkommande vatten" och leds till en IBC-tank (TK1) med en bräddledning till utloppet. Vatten pumpas genom en backventil (V1) av en vattenpump (P1) till ett påsfilter (F1), med en kulventil (V2 & V3) på vardera sidan om filtret för att enkelt kunna underhålla filtret. Ett mindre flöde av inkommande vatten avleds till provtagning som regleras med en nålventil (V8) till ett provkärl (K5).

Ett tryckkärl (TK2) reglerar trycket i filterskåpet (F2) RO & EDI. Efter RO regleras provtagning genom en nålventil (V7) och leds till ett provkärl (K4). Avskilt koncentrat avleds och provtas genom reglering av nålventil (V6) till provkärl (K1). Det behandlade vattnet leds vidare till EDI. Efter EDI regleras provtagning genom en nålventil (V6) och leds till ett provkärl (V3). Avskild saltlösning (brine) avleds och provtas genom reglering av nålventil (K5) till provkärl (K2). Det behandlade vattnet avleds och provtas genom reglering av nålventil (K6) till provkärl (K3).

Samtliga flöden avleds till ett uppsamlingskärl för avlopp (TK3) och avleds därefter till utgående flöde. Samtliga flöden kan avledas separat, vid behov.

Konduktivitet mäts på inkommande vatten, mellan RO och EDI samt efter RO & EDI, se Figur 10.



Figur 12: Flödesschema för hela demonstrationsanläggningen

Tabell 3: Beteckning och beskrivning till demonstrationsanläggning för behandling av processvatten

Beteckning	Beskrivning
TK1	IBC-tank 1000 liter
TK2	Tryckkär
TK3	Uppsamlingskär avlopp
F1	Filter
F2	RO + EDI
P1	Vattenpump
V1	Backventil
V2	Kulventil
V3	Kulventil
V4	Nålventil för reglering av flöde till provkär för koncentrat
V5	Nålventil för reglering av flöde till provkär för brine
V6	Nålventil för reglering av flöde till provkär efter RO och EDI
V7	Nålventil för reglering av flöde till provkär mellan RO och EDI
V8	Nålventil för reglering av flöde till provkär för inkommande vatten
K1	Provkär för koncentrat
K2	Provkär för brine
K3	Provkär för vatten efter RO och EDI
K4	Provkär för vatten mellan RO och EDI
K5	Provkär för inkommande vatten

### 3.3.3 Förslag till drift och provtagning

Inför provdrift monteras filtersskåp med RO & EDI tillsammans med påsfilter och kringutrustning i en 10 fots container. Containern med demonstrationsanläggningen transporteras till fastställd arbetsplats. Anläggningen ansluts mellan befintlig reningsanläggning och utgående flöde, samt ansluts till el. Därefter driftsätts den. RISE ansvarar för drift och provtagning, om inte annat överenskommit. Provtagning planeras utifrån utkast till provplanering enligt Tabell 4. Drift av anläggningen planeras till ca 6 månader, med provtagning under sammanlagt 8 veckor, vilket bedöms ge tillräckligt underlag för kvalitets och variationsbedömning av utökad behandling av processvattnet. Driftdata sammanställs kontinuerligt tillsammans med provtagningsresultat och mätvärden och provtagningsresultat från Trafikverket. Förbrukningsmaterial till processen sammanställs i Tabell 5. Komponentlista redovisas i Tabell 6. Uppskattad materialkostnad är cirka 500 000 kr baserat på inhämtade uppgifter från externa leverantörer. Mängden behandlat vatten, koncentrat och brine mäts i anläggningen. Även el-förbrukning bör mätas. Efter driftförsök kan anläggningen användas för flöden mellan ca 5-10 m<sup>3</sup> per dag. Eventuellt kan anläggningen kompletteras med fler filtermoduler.

Tabell 4: Utkast till provtagningsplanering

<b>Provtagning</b>	
<b>Syfte och mål</b>	<p>Provtagningen syftar till att kartlägga vattenkvaliteten, främst avseende kväveföreningar, genom processen.</p> <p>Vatten provtas som inkommande vatten, vatten efter RO och vatten efter EDI och sänds till analys. Målet är att resultatet kan användas för att studera utgående halter men även avskiljning.</p> <p>Målet är även att studera utgående kvalitet för möjligheter för eventuell återanvändning av det behandlade vattnet.</p> <p>Resultatet jämförs även med konduktivitetmätning online, för att kunna använda till enklare processtyrning.</p> <p>Målet med att kartlägga flöden och koncentrationer av kväveföreningar och metaller i avskilt koncentrat och brine är för att skapa förutsättningar för utredning inför vidare behandling</p>
<b>Metod</b>	<p>Kontinuerlig provtagning</p> <p>Provuttag på koncentrat med ett delflöde via nålventil (V4) som ger begränsat flöde till provtagningskärl (K1)</p> <p>Provuttag på brine med ett delflöde via nålventil (V5) som ger begränsat flöde provtagningskärl (K2)</p> <p>Provuttag på vatten efter RO och EDI med ett delflöde via nålventil (V6) som ger begränsat flöde till provtagningskärl (K3)</p> <p>Provuttag på vatten mellan RO och EDI med ett delflöde via nålventil (V7) som ger begränsat flöde till provtagningskärl (K4)</p> <p>Provuttag på vatten inkommande vatten med ett delflöde via nålventil (V8) som ger begränsat flöde till provtagningskärl (K5)</p> <p>Provuttag utförs morgon och eftermiddag</p> <p>Vid provuttag omblandas den uppsamlade provmängden för respektive provtagningskärl och hålls i uppmärkta provflaskor. Resterande provmängd hålls ut i uppsamlingskärl (TK3) som avleds till befintlig spillvattenledning</p> <p><b>Uppmärkta</b>, förslutna provflaskor torkas av på utsidan och packas i kylväska med kylklampar</p> <p>Kylväska med uttagna prover avlämnas på ett laboratoriums inlämningsställe efter eftermiddagens provuttag</p> <p>Inlämningsställe för leverans till ackrediterat laboratorium</p> <p>Provuttag utförs 2 ggr/dag under xx dagar under xx provperioder</p>
<b>Material</b>	<p>Flaskor för provuttag</p> <p>Provflaskor, 80 st set om 5 st</p> <p>Plastlåda och hink (för förvaring samt arbete vid provuttag)</p> <p>Kylbagar med kylklampar, 40 st</p> <p>Sax, märkpenna (m fin spets)</p> <p>Buntband, kniv, tejp, engångshandskar, hushållspapper, knäskydd</p> <p>Personlig skyddsutrustning (enligt Trafikverkets anvisning för arbetsplatsen)</p> <p>ID06</p> <p>Inplastad information om projektet samt kontaktuppgifter</p>
<b>Analys</b>	Enligt provplanering
<b>Datum</b>	Enligt provplanering.
<b>Analysresultat</b>	Resultatet sammanställs tillsammans med logg från byggarbetsplatsen samt befintlig mät- och analysdata

Tabell 5: Förbrukningsmaterial till påsfilter och filterskåp

<b>Förbrukningsmaterial</b>	<b>Bytes efter ca</b>	<b>Kostnad för 6 månaders drift</b>
Påsfilter till påsfilterhus	1–2 vecka	Ca 1500 SEK
Filterkassett med aktivt kol	6–12 månader	-
Finfilter (5 µm) Big blue	6–12 månader	-
RO modul	2–3 år	-

Tabell 6: Komponentlista för demonstrationsanläggning

<b>Antal</b>	<b>Komponentlista</b>
1	Container 10 fot
1	IBC-Tank
1	Pumpautomat
4	Kulventiler
5	Nålventiler
10	Unionkoppling
15	Övergångsnippel 3/4" – 22mm
2	Förminskningsnippel vid pump 1" – 3/4"
2	Bussning vid filter 2" – 1"
2	Förminskningsnippel till ovan 1" – 3/4"
35	90 grader presskoppling
3	T-rör
90	O-ringar i presskopplingar
30	Rostfria rör (meter)
	Anslutningsslang
1	Backventil
	Upphängningar, konsoler, klammer, buntband, svep, etc
1	Diskbänk för provtagning
1	Bräddavlopp
	Avloppsrör 110 för in- och utlopp IBC
1	Avlopp från diskbänk och IBC
	Eldragning, normcentral, armaturer etc.
1	Filterskåp RO & EDI-enhet

### 3.3.4 Diskussion om demonstrationsanläggning

Principförslaget är fastställt efter tidigare försök och diskussioner med leverantörer.

Teknikleverantör bedömde att en anläggning med enbart RO process bör klara avskiljning av kväve i processvatten. Därför är det av vikt att utföra provtagning före behandling, mellan RO och EDI samt efter RO och efter EDI för att identifiera i vilket steg som tillräcklig avskiljning utförs.

En utjämnings tank behövs för att få ett jämnt flöde till anläggningen, och för att utjämna variationer i processvattnets kvalitet.

Utvärderingen av projekt att bygga och driva demonstrationsanläggningen kan delas upp i fem steg:

1. Teknik  
Drift och provtagning av demonstrationsanläggning för kontroll av att tekniken fungerar som avsett på detta vatten, då denna kunskap efterfrågas.
2. Halter  
När tekniken har testats på plats och analyser utförts kan förväntade halter beräknas.
3. Drift  
Driftaspekter sammanställs efter driftförsök avseende bland annat driftsäkerhet och belastning av varierande halter suspenderat material.
4. Återanvändning av renat processvatten  
Efter sammanställning kan en bedömning om det utgående vattnet är tillräckligt rent för att återanvändas i processen göras. Detta för att spara resurser, men även för att ha rådighet över vattnet, så att sprängningsarbete inte behöver ställas in pga. vattenbrist.
5. Nyttiggörande av kväve från koncentrat/processvatten  
Efter kontroll av rejekt, både avseende koncentrationer och mängder, kan en bedömning ske om möjligheter till återanvändning av den kväverika restströmmen. Eventuellt kan ett steg med RO läggas till, för att koncentrera vattenlösningen, och låta mer vatten gå tillbaka till processen. Detta ger högre koncentrationer i restströmmen och en mindre mängd vattenlösning att transportera
6. Kostnader för anläggningen  
Kostnad för byggnation, drift och rening av processvatten utvärderas, inklusive etablering, drift och förbrukningsmaterial.



## 4. Förslag på fortsatt arbete

Syftet med detta projekt har varit att bidra till Trafikverkets arbete med hållbart byggande av infrastruktur. Det övergripande målet med detta och tidigare projekt (Hübinette et al., 2022a) RISE har genomfört för Trafikverket rörande kväve i processvatten har varit att bidra till arbetet mot utökad behandling av processvatten förorenat av sprängmedel på byggarbetsplatsen. Genom införande av kväveavskiljning skapas möjlighet att avleda det till dagvattenavledning och recipient, istället för avledning till kommunalt reningsverk.

I detta projekt har ett principförslag för en demonstrationsanläggning för ytterligare behandling av processvattnet tagits fram. Med en fullskalanläggning som mål, är utvärdering av en demonstrationsanläggning ett steg på vägen. I denna rapport presenteras ett underlag för byggnation, drift och utvärdering av en demonstrationsanläggning vilket kan användas i fortsättningsprojekt.

Det finns även anledning att vidare utreda återanvändning av processvatten. Med minskad förbrukning av dricksvatten reduceras miljöbelastning vid produktion och distribution av det. Återanvändning av vatten reducerar både miljömässiga- och ekonomiska kostnader. Återanvändning av vatten kan även ge Trafikverket rådighet över vatten vid vattenbrist för att kunna genomföra sina uppdrag. Detta har betydelse både avseende miljöbelastning och vid förväntad högre framtida kostnad för vatten. Vidare behöver utredning kring hantering av restflöden, koncentrat och brine, från föreslagna processer i principförslaget göras. Det finns en samhällsnytta i att utreda alternativa sätt att omhänderta restflöden på bästa miljömässiga sätt. En aspekt att ha i åtanke är att innehållet i dessa restflöden potentiellt kan utnyttjas och bidra till cirkulära flöden av kväve.

Vid ökad vattenanvändning på byggarbetsplatsen minskas kvävehalter i processvatten genom utspädning, men inte mängden av kväve som avleds till ARV eller recipient. Mängden kväve som ARV får ta emot är vanligen begränsad enligt villkor i tillstånd. Recipients miljö kvalitetsnorm för kväve får inte försämrats genom utsläpp som kan förhindra möjlighet att nå god status. Dessutom innebär framställning av sprängmedel en miljöbelastning. Det är därför värdefullt att fortsätta arbetet med förebyggande åtgärder exempelvis kopplade till spill vid laddning, sprängning och hantering av schaktmassor samt bevattning för att fälla ut luftburna partiklar efter sprängning. Åtgärder som minskar belastningen av kväve till processvatten är viktig för att öka hållbarhet vid infrastrukturentreprenader, oavsett hur processvattnet i slutändan hanteras.

# Referenser

Bångman, G., Forsstedt, S., Grudemo, S., Therése, O. & Sundqvist, B. (2018). Samhällsekonomisk metod för att beakta transportsystemets påverkan på vatten. En förstudie. Rapport. Regeringsuppdrag N2018/02189/TS.

Evoqua (2024). Protegra CS Pro RO EDI [Protegra CS® Pro RO EDI System \(evoqua.com\)](https://evoqua.com) (2024-04-04)

Göteborgs Stad, miljöförvaltningen (2020) Riktlinjer och riktvärden för utsläpp av förorenat vatten till dagvattennät och recipient R2020:13 [Riktlinjer och riktvärden för utsläpp av förorenat vatten till dagvattennät och recipient \(goteborg.se\)](https://goteborg.se).

Hamel, L. (2018). Byggproduktionsvatten i Sverige. Litteraturstudie, intervjuer och förslag på vidare forskning. WSP rapport för Trafikverket.

Hübinette, M., Ahlström, M., Flodin, E., Johannesdottir, Malm, M. (2022a). Rening av näringsämnen i överskottsvatten i infrastrukturentreprenader. Slutrapport.

Hübinette, M., Ahlström, M., Flodin, E., Johannesdottir, S., Sundberg, P., Pawar, S. & del Pilar Castillo, M. (2022b). Rening av näringsämnen i överskottsvatten i infrastrukturentreprenader – Laboratorieförsök. Delrapport 2.

Hübinette M., Flodin E., Malm M., Klingberg J. (2023). Vägledning för val av skyddsåtgärder vid hantering av överskottsvatten från anläggningsprojekt. Slutrapport.

IFAB 206 Design 316L påsfilterhus [IFAB 206 Design 316L påsfilterhus - IFAB](https://ifab.se) (2026-06-30)

Johannesdottir S., Lundin E., Ahlström M., Sundberg P., Arnell M. (2020). Rening av näringsämnen i överskottsvatten i infrastrukturentreprenader – Litteraturstudie och urval. Delrapport 1.

Jordbruksaktuellt (2024). Ny anläggning för NS-vatten <https://www.ja.se/artikel/2235531/ny-anlaggning-fr-ns-vatten.html> (2024-06-18)

Miljörapport Ryaverket 2023 (2024) [Miljörapport Ryaverket 2023 - Gryaab](https://ryaverket.se) (2024-06-29).

SBUF (2007). Rening av länsvatten vid schaktning i finkornigt material. Utvecklingsprojekt 11735.

SBUF (2013). Hantering av länsvatten i anläggningsprojekt. Användbar teknik och upphandlingsfrågor. Utvecklingsprojekt 12655.

# Bilaga 1 Analysresultat

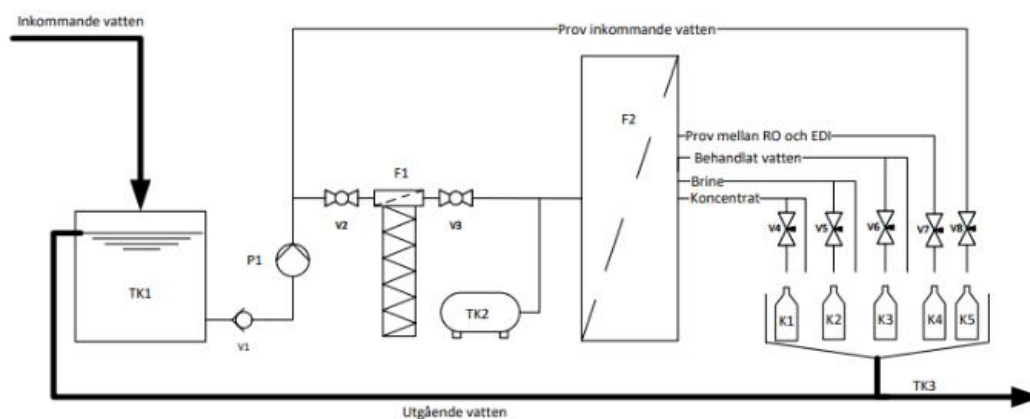
## Analysresultat TRV-N, vid Skår tunnel 209 i Göteborg

Uppdaterad 2024-01-31 AJ

Parameter	Enhet	2023-12-06 em 23519822	2023-12-07 fm 23519823	2023-12-07 em 23519824	2023-12-08 fm 23519825	2023-12-08 em 23519826	2023-12-18 em 23519827	2023-12-19 fm 23519828	2023-12-19 em 23519829	2023-12-20 fm 23519830	2023-12-20 em 23519831
NO <sub>2</sub> :3-N	mg/l	39	12	16	17	17	41	10	10	43	15
NO <sub>2</sub> -N	mg/l	4,1	2,2	2,8	2,4	2,5	2,7	2,1	1,5	2,4	1,8
NO <sub>3</sub> -N	mg/l	35	9,8	13	15	14	38	7,9	8,5	41	13
NH <sub>4</sub> -N	mg/l	26	7,1	9,2	9,4	9,3	28	0,56	5,4	31	9,1
N-tot	mg/l	72	17	22	26	25	66	13	13	80	20
N-osäkerhet	mg/l	14	3,4	4,4	5,2	5	13	2,6	2,6	16	4
pH		7,4	8	7,5	7,6	7,9	8	7,8	7,9	7,9	7,9
Kond	mS/m	162	81,3	93,9	141	161	122	88,1	92,3	123	91,6
Ca	mg/l	53	16	38	100	100	37	54	86	90	79
Na	mg/l	190	110	120	140	180	110	77	65	78	69
Cl	mg/l	240	140	140	200	260	110	10	88	93	89
S	mg/l	20	17	20	32	37	17	23	25	28	23
SO <sub>4</sub>	mg/l	56	49	57	91	100	46	6,9	72	80	68
S(1)	mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,08	<0,03

# Bilaga 2 Principförslag

## TRV demonstrationsanläggning för behandling av processvatten



Beteckning	Beskrivning
TK1	IBC-tank 1000 liter
TK2	Tryckkärl
TK3	Uppsamlingskärl avlopp
F1	Filter
F2	RO + EDI
P1	Vattenpump
V1	Backventil
V2	Kulventil
V3	Kulventil
V4	Nålventil för reglering av flöde till provkärl för koncentrat
V5	Nålventil för reglering av flöde till provkärl för brine
V6	Nålventil för reglering av flöde till provkärl efter RO och EDI
V7	Nålventil för reglering av flöde till provkärl mellan RO och EDI
V8	Nålventil för reglering av flöde till provkärl för inkommande vatten
K1	Provkärl för koncentrat
K2	Provkärl för brine
K3	Provkärl för vatten efter RO och EDI
K4	Provkärl för vatten mellan RO och EDI
K5	Provkärl för inkommande vatten

	TRV demonstrationsanläggning för behandling av processvatten		
	STORLEK	KONSTRUKTÖR	RITNINGSNR
	Nils Finnstedt	Process_001	REV
			VO1
SKALA		BLAD	1 AV 1

Kontaktperson  
Ann Johansen  
Samhällsbyggnad  
+46 10 722 32 61  
ann.johansen@ri.se

Datum  
2024-02-19

Beteckning  
P119863

Trafikverket

## PM för provtagning TRV-N: Skårs tunnel 209, Göteborg

(2 bilagor)

### Bilaga 3 PM provtagning



Figur 13: Skårs tunnel 209 samt dess anläggning för vattenbehandling

#### RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress  
Box 857  
501 15 BORÅS

Besöksadress  
Gibraltargatan 35  
412 79 Göteborg

Tfn / Fax / E-post  
010-516 50 00  
033-13 55 02  
info@ri.se

Konfidentialitetsnivå  
K2 - Intern

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE Research Institutes of Sweden AB i förväg skriftligen godkänt annat.

## Syfte

Att enligt framtaget provtagningsprogram provta och analysera byggprocessvatten, nedan kallat processvatten, från sprängningsarbete efter befintlig behandling. Provtagningen fokuserar på kväve samt ämnen relaterade till kvävereduktion, som del av ett processunderlag för dimensionering av kväverening.

Befintlig vattenbehandling ses i Figur 14 & Bilaga 2.



Figur 14: Kemikaliehantering samt lamellsedimentering från befintlig vattenbehandling vid Skårs tunnel ST209

## Metod

Tidsproportionell provtagning utfördes av det utgående flödet, och en automatisk provtagare placerades på avsatsen vid utloppet. (Figur 15).



Figur 15: Avsats där provtagare placerades

Provtagarens sugslang monterades i den befintliga behandlingens utgående flöde, se långt bort i Figur 16.



Figur 16: Container med kemisk fällning, flockning och flotation.

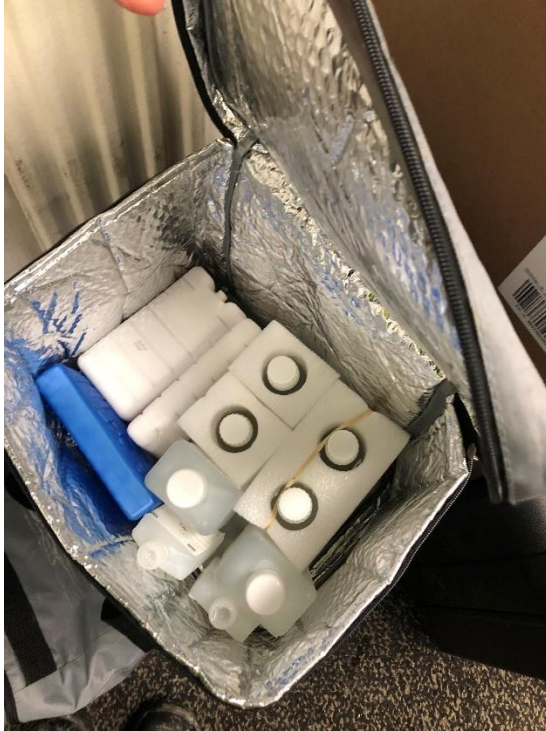
Provtagaren (Figur 17) tog ut 50 ml utgående vatten var 10:e minut, vilket medförde 7,2 liter per dygn. Prover togs ut 2 ggr/dag (morgon och eftermiddag) under 2,5 dagar under två provperioder, dvs totalt 10 prover togs ut.



Figur 17: Automatisk provtagare

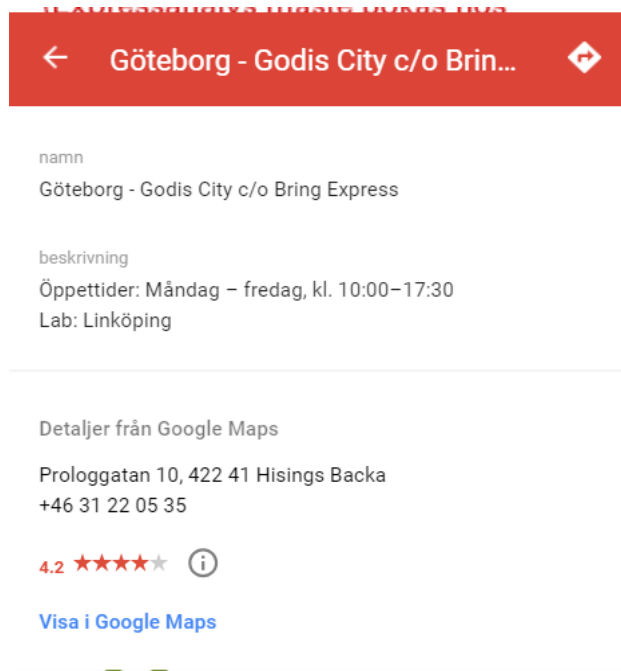


Vid provuttag omblandades den uppsamlade provmängden och uppmärkta provflaskor fylldes. Resterande mängd vatten hälldes tillbaka i behandlingens utgående flöde. Uppmärkta, förslutna provflaskor torkades av på utsidan och packades i kylväska med kylklampar. (Figur 18)



Figur 18: Provflaskor i kylväska

Kylväska med uttagna prover avlämnades på SGS inlämningsställe (länk nedan) efter eftermiddagens provuttag. [SGS' s Inlämningsställen – Google Mina kartor](#). Figur 19 & Figur 20 **Fel! Hittar inte referenskölla.** visar information om inlämningsställen i Göteborg.



← Göteborg - Godis City c/o Brin... ↗

namn  
Göteborg - Godis City c/o Bring Express

beskrivning  
Öppettider: Måndag – fredag, kl. 10:00–17:30  
Lab: Linköping

---

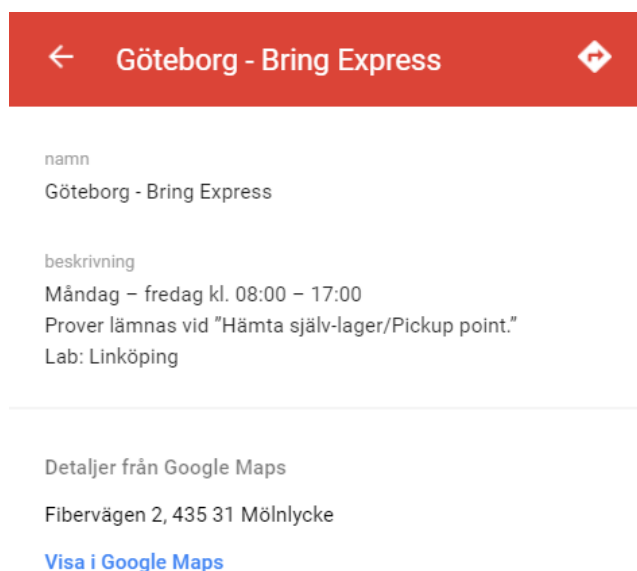
Detaljer från Google Maps

Prologgatan 10, 422 41 Hisings Backa  
+46 31 22 05 35

4.2 ★★★★★ ⓘ

[Visa i Google Maps](#)

Figur 19: SGS inlämningsställe Brunnsbo, Göteborg



← Göteborg - Bring Express ↗

namn  
Göteborg - Bring Express

beskrivning  
Måndag – fredag kl. 08:00 – 17:00  
Prover lämnas vid "Hämta själv-lager/Pickup point."  
Lab: Linköping

---

Detaljer från Google Maps

Fibervägen 2, 435 31 Mölnlycke

[Visa i Google Maps](#)

Figur 20: SGS inlämningsställe Mölnlycke, Göteborg



## Material

Inför provtagning införskaffades:

### Provtagningsutrustning

- Automatisk provtagare med skarvsladd (minst 10 m) för utomhusbruk
- Flaska för provuttag (samma material som provflaskor)
- Provflaskor, 10 set
- Kylbagar med kylklampor, 6 st.

### Övrig utrustning

- Inplastad information (om projektet samt kontaktuppgifter)
- Plastlåda och hink (för förvaring samt arbete vid provuttag)
- Sax, märkpenna (m fin spets), buntband, kniv, tejp
- Engångshandskar, hushållspapper, underlag till knäskydd

### Personlig utrustning

- Personlig skyddsutrustning (enligt Trafikverkets anvisning för arbetsplatsen)
- IDo6

## Analyser

Analyser utfördes enligt Tabell 7

Tabell 7: Analyser enligt offert

Beställningskod	Analys	Metod	Rapportering	Enhet
NO323N (V)	Nitratkväve, NO3-N	Beräknad	0.01	mg/l
-	Nitritkväve, NO2-N	ISO 15923-1:2013 D	0.001	mg/l
-	Nitrat + nitritkväve, NO23-N	ISO 15923-1:2013 C	0.010	mg/l
-	Provbehandling			
NH4N (V)	Ammoniumkväve, NH4-N	ISO 15923-1:2013 B	0.01	mg/l
NTOT (V)	Kväve tot, N	SS-EN 12260:2004-1	0.1	mg/l
PH (V)	pH vid 20°C	SS-EN ISO 10523:2012	2	
KOND (V)	Konduktivitet 25°C	SS-EN 27888-1	2	mS/m
CA-H (V)	Kalcium, Ca	SS-EN ISO 11885:2009	0.06	mg/l
NA-H (V)	Natrium, Na	SS-EN ISO 11885:2009	0.1	mg/l
CL (V)	Klorid, Cl	SS-EN ISO 10304-1:2009	1	mg/l
S-H (V)	Svavel	SS-EN ISO 11885:2009	0.5	mg/l
SO4 (V)	Sulfat, SO4	SS-EN ISO 10304-1	1	mg/l
SULFID (V)	Sulfid, S	SS 028117-1	0.03	mg/l
NÄRVTN (V)	Närsaltsanalys, vatten			
ICPHFO (V)	Metaller ICP-AES, förorenat vtn			
ICVTN (V)	Anjonanalys med IC, vatten			
PRBAVL (V)	Provberedning, avloppsvatten			
X-MILJÖ	Destruktion av prov			

## Datum

Provtagning utfördes enligt Tabell 8.

Tabell 8: Provtagning utfördes enligt tabell

Datum, tid	Moment
1/12	Hämtning av provtagare
4/12	Montage av provtagare
6/12 kl. 9	Start av provtagare
6/12 kl. 16	Prov 1 + provinlämning
7/12 kl. 9	Prov 2
7/12 kl. 16	Prov 3 + provinlämning
8/12 kl. 9	Prov 4
8/12 kl. 16	Prov 5 + provinlämning, samt stopp av provtagare
18/12 kl. 9	Start av provtagare
18/12 kl. 16	Prov 6 + provinlämning
19/12 kl. 9	Prov 7
19/12 kl. 16	Prov 8 + provinlämning
20/12 kl. 9	Prov 9
20/12 kl. 16	Prov 10 + provinlämning, samt demontage av provtagare
21/12	Återlämning av provtagare

## Analysresultat

I Tabell 9 ses medelvärdet tillsammans med min- och maxvärde. Riktvärden för utsläpp till Göteborgs stads recipienter och till Gryaab samt TRVs målbild visas som referenser. Enheten anges i mg/l, förutom för pH (-) och konduktivitet (mS/m).

Analysresultatet ses i detalj i Bilaga 1. Alla prover ligger ovan TRVs målbild och i än högre grad Göteborgs riktvärden för utsläpp till dagvatten. Vilket visar förutsättningarna för en kväverening, utifrån de förutsättningar som gällde vid provtagningen.

Tabell 9: Medelvärden samt min- och maxvärden visas med riktvärden som referens. RV (riktvärde),

Parameter				Gbg stad	Gryaab	TRV N 2.0
	Medel	Min	Max	RV	ÅN/RV	Målbild
Nitrit+nitratkväve	22,0	10	43			
Nitritkväve	2,5	1,5	4,1			
Nitratkväve	22,5	7,9	65			
Ammoniumkväve	13,5	0,56	31		48/60	
Kväve, total	35,4	13	80		1,25	10
Kväve, mätosäkerhet (±)	7,0	2,6	16			
Kväve i susp	-0,1	-4,1	7			
pH vid 20°C	7,8	7,4	8			
Konduktivitet vid 25°C	115,6	81,3	162			
Kalcium	65,3	16	100			
Natrium	113,9	65	190			
Klorid	137,0	10	260			
Svavel	24,2	17	37			
Sulfat	62,6	6,9	100			
Sulfid	<0,03	<0,03	0,08			

## Sprängningar

Under december månader utfördes 9 sprängningar i Skårs området som är anslutet till processvattenavledning och rening vid ST209. (Tabell 10)

Tabell 10: Sprängningar i Skår under december 2024

Datum, tid	Information
4/12 kl. 16	ST102N
5/12 kl. 19:30	ST102N
6/12 kl. 21:34	SpTÖN
8/12 kl. 21:32	SpTÖN
11/12 kl. 19:33	ST102N
13/12 kl. 21:55	SpTÖN
15/12 kl. 16:17	ST102N
20/12 kl. 21:40	SpTÖN
21/12 kl. 19:00	ST102N

## Observationer och reflektioner efter provtagning

*Sammanfattade observationer och reflektioner:*

Observationer:

- Nivån i utloppstanken varierade med flera dm i höjd
- Ojämnt inflöde enligt flödesmätning
- Partiklar avsattes i tank efter flotation och i provtagningsdunk

## Reflektioner:

- Borde ha analyserat även suspenderad substans (susp) men förväntade låga halter
- God partikelavskiljning gynnas av jämna flöden
- En ackumulatortank före vattenbehandlingen skulle ge ett jämnare flöde till det flockningssteget och vidare genom processen till utloppet
- Kvävereduktion ses som ett efterföljande processteg efter befintlig rening av processvattnet.

**RISE Research Institutes of Sweden AB**  
**Infrastruktur och betongbyggande - Cirkulära avloppssystem**

Utfört av	Granskat av
-----------	-------------

Ann Johansen

Charlotte Bourghardt

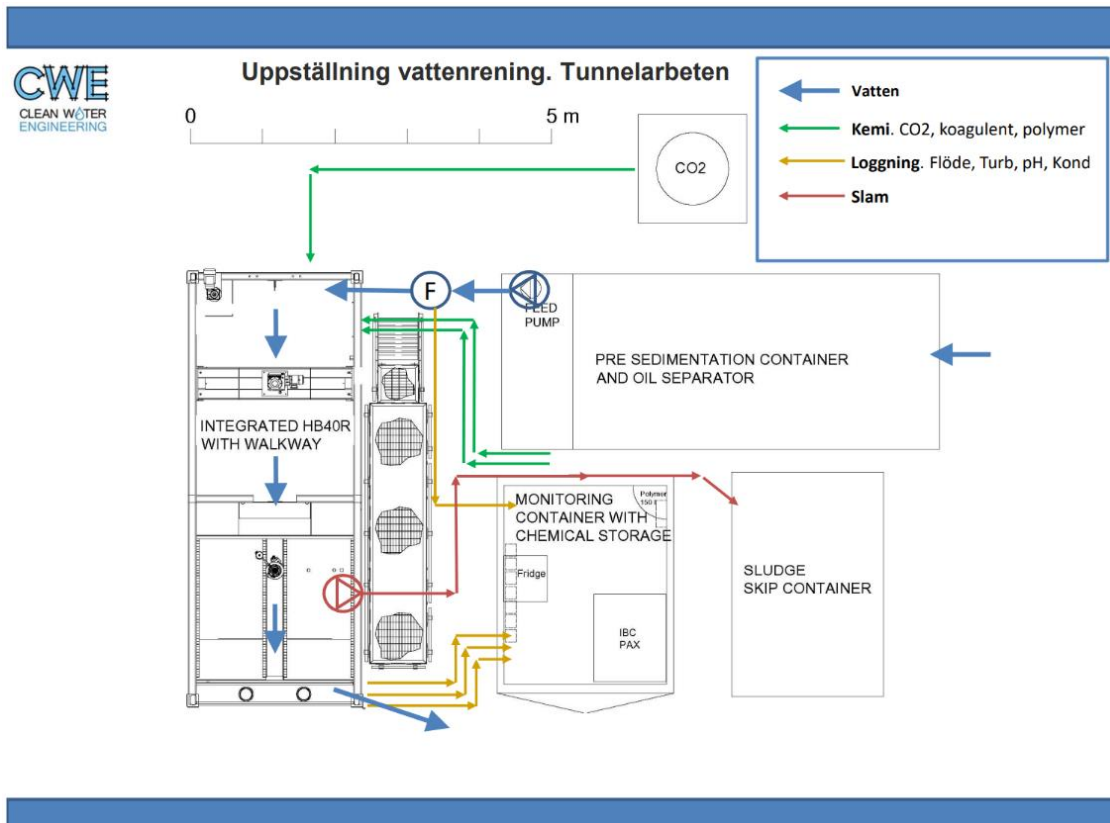
**Bilaga**

# Bilaga 1: Provtagning av byggprocessvatten vid utlopp efter behandling

Parameter	Enhet	2023-12-06 em	2023-12-07 fm	2023-12-07 em	2023-12-08 fm	2023-12-08 em	2023-12-09 fm	2023-12-09 em	2023-12-20 fm	2023-12-20 em	Metod	Min	Max	Gen snitt	RISE	RISE
Microorganism	mg/l	39	12	17	17	17	10	10	43	15	2519824	2,0	43	10	43	43
NO2-N	mg/l	51	11	14	14	14	10	10	41	13	2519824	1,5	41	10	41	41
NO3-N	mg/l	65	5,8	5,3	15	14	8,5	8,5	41	13	2519824	1,5	41	10	41	41
Ammoniumkväve	mg/l	26	7,1	9,2	9,4	9,3	28	0,56	5,4	31	5,1	13,5	0,56	31	80	1,25
Kväve total	mg/l	72	17	22	28	25	66	13	13	80	20	35,4	13	80	1,25	10
fosfor total	mg/l	4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
fosfor ortofosfor	mg/l	7	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
fosfor total	mg/l	7	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
pH vid 25 C		7,4	8	7,5	7,6	7,9	8	7,8	7,9	7,9	7,9	7,8	7,4	8	7,9	8
Konduktivitets vid 25 C	ms/m	162	81,3	93,9	141	161	122	88,1	92,3	123	91,6	116,6	81,3	162	91,6	162
Kalcium	mg/l	53	16	38	100	100	37	34	86	90	79	65,3	16	100	79	100
Magnesium	mg/l	100	110	140	140	140	110	110	88	98	88	112,0	110	140	88	140
Svavel	mg/l	20	17	20	32	37	17	23	25	28	23	24,2	17	37	23	37
Surbit	mg/l	56	49	57	91	100	46	63	72	80	68	61,6	49	100	68	100
Surbit	mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03



## Bilaga 2: Process-schema befintlig vattenbehandling, Siltbuster



Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtids säkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.

RISE Research Institutes of Sweden AB Sven Hultins plats 5 412 58 Göteborg Telefon: 010-516 50 00 E-post: <a href="mailto:info@ri.se">info@ri.se</a> , Internet: <a href="http://www.ri.se">www.ri.se</a>	Cirkulära avloppssystem RISE Rapport : 2024:52 ISBN: 978-91-89971-11-0
---	--