

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Bakgrund och syfte	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syften	4
1.3	Organisation för framtagning av utredningar, Ledningsnät	4
2	Underlagsmaterial, utförda undersökningar och projektmetodik	6
2.1	Underlagsmaterial och inventering	6
2.2	Utförda undersökningar och arbetsmoment	6
3	Förutsättningar	8
3.1	Utredningsavgränsningar	8
3.2	Tekniska förutsättningar	8
4	Beskrivning av tunnelsträckning Bromma – Sickla/Henriksdal	9
4.1	Allmänt om beskrivning	9
4.2	Geologisk områdesbeskrivning	9
4.3	Hydrogeologisk områdesbeskrivning	10
4.4	Geologisk och hydrogeologisk beskrivning	11
4.5	VA-teknisk utformning av Mälarpassagen	25
4.6	Sträcknings- och profilbeskrivning.	29
4.7	Hydraulisk funktion, utformning och dimensionering	31
4.8	Inläckage av grundvatten till tunnelanläggningen	33
4.9	Val av tunneldrivningsteknik och tunneltvärnsnitt för planerade tunnlar	36
5	Identifiering av miljökonsekvenser och tillståndsbehov	38
5.1	Naturmiljö	39
5.2	Kulturmiljö	41
5.3	Grundvattenrelaterad miljöpåverkan	43
5.4	Riskobjekt för grundvattenavsänkning	46
5.5	Ytvatten	49
5.6	Luft	49
5.7	Buller och stomljud	50
5.8	Identifierade tillståndsbehov och beskrivning av kommande tillståndsprocess	53
6	Bedömning av genomförandetidplan	54
6.1	Allmänt om genomförandetidplan	54
6.2	Genomförandetidplan	55

7	Investeringskostnadsbedömning	56
7.1	Investeringskostnader tunnel Bromma – Sickla.	56
8	Kostnadsbedömning av Drift- och Underhållskostnader	57
8.1	Drift- och underhållskostnader	57
9	Översiktlig riskbedömning	57
9.1	Allmänt	57
9.2	Riskvärdering	57
9.3	Riskreducerande åtgärder	61
9.4	Sammanfattning av resultaten från riskvärderingen	62

1 Bakgrund och syfte

1.1 Bakgrund

Stockholm växer med ca 1,5 % per år, motsvarande 15 000-20 000 personer per år, och är därmed en av Europas snabbast växande städer. Sveriges åtagande enligt Baltic Sea Action Plan, BSAP och EUs vattendirektiv kommer att resultera i skärpta reningskrav, främst med avseende på kväve och fosfor för reningsverken. En förutsättning för stadens tillväxt är en fungerande avloppsrening som kan möta framtidens krav. För Stockholm Vattens avloppsrening utgör stadens tillväxt och de skärpta kraven en stor utmaning som kommer medföra stora investeringar i såväl reningsverken i Bromma och Henriksdal som i det delägda reningsverket Himmerfjärdsverket.

Bromma reningsverk renar avloppsvatten från de västra delarna av Stockholm, Sundbyberg och delar av Järfälla och Ekerö. Bromma reningsverk består av två delar, Åkeshov och Nockeby.

Idag är 330 000 personer anslutna till Bromma reningsverk och anslutningen ökar med ca 1,5 % per år. I upptagningsområdet planeras en förtätning av Västerort "Promenadstaden" med en befolkningsökning på över 50 000 personer. Även anslutna kommuner planerar för en kraftig befolkningsökning. I direkt anslutning till verket planeras för en omdaning av Brommaplan.

Med anledning av detta har Stockholm Vatten tagit fram fyra alternativa lösningar där befintliga reningsverk (Bromma, Henriksdal samt Himmerfjärdsverket) är involverade. För dessa alternativ har vi i ett tidigare skede haft uppdraget att utreda möjliga sträckningar och utformningar av ledningsnät/tunnlar.

Denna utredning är ett utdrag av tidigare utförd rapport med rubriken Västerorts framtida avloppsrening - Underlag inriktningsbeslut, Delrapport 2, Ledningsnät daterad 2013-08-16 rev A. Utdraget har också kompletterats och justerats med delar som framkommit under pågående utredningsarbete hösten 2013.

Utredningen beskriver alternativ 4 som är det alternativ som SVAB:s styrelse förordade och som ligger till grund för fortsatta arbete. I alternativ 4 överförs Bromma/Eolshälls flöden till Henriksdals ARV och Bromma ARV läggs ned.

1.2 Syften

Syftet med dokumentet är att redovisa endast det valda alternativet d.v.s. ett utdrag ur tidigare levererad rapport i samband med inriktningsbeslut. Fortsatt utredningsarbete pågår för närvarande gällande VA- och bergtekniska frågor, miljökonsekvenser samt geologiska och hydrogeologiska förutsättningar. Utredningsarbetet innebär bland annat att optimera sträckan på en mera detaljerad nivå. Underlaget ska ligga till grund för den kommande tillståndsprövsprocessen och framtagande av systemhandling.

1.3 Organisation för framtagning av utredningar, Ledningsnät

Utredningsarbete i samband inriktningsbeslut och det pågående fördjupade utredningsarbetet av anläggning avloppstunnel utförs av externa konsulter och i samråd med Stockholm Vattens organisation och delprojektledare. En arbetsgrupp med deltagande från driftorganisationen, utredare samt geoteknik har också deltagit kontinuerligt i utredningsarbetet och projektmöten.

De externa konsulterna är representerade av Sweco, Ramböll, WSP och Atkins. Nedan i tabell 1.3.1 redovisas de olika ansvarsområdena för respektive konsult samt teknikansvariga.

Tabell 1.3.1. Organisationen för utredningsarbeten gällande SFAL.

Företag	Roll	Namn
Stockholm Vatten	Delprojektledare Ledningsnät	Gunnar Possebo
Stockholm Vatten	Teknikansvarig Geoteknik	Göran Christensen
Stockholm Vatten	Utredning VA	Mathias von Scherling
Sweco	Teknikansvarig VA	Lars-Ove Johansson
Sweco	VA specialist	Torbjörn Olsson
Ramböll	Teknikansvarig Berg	Jan Salomonson
Ramböll	Ansvarig Miljö/Tillstånd	Mattias von Brömssen
WSP	Geoteknik	Lars Henricsson
Atkins	Samordnande projektledare Ledningsnät	Anna-Karin Croner

2 Underlagsmaterial, utförda undersökningar och projektmetodik

2.1 Underlagsmaterial och inventering

- Projektdirektiv – Västerorts framtida avloppsrening (SVAB, Lars-Gunnar Reinius, 2013). Av den framgår bl.a. vilka alternativ som skall utredas.
- PM Rapporteringsträd (SVAB, Jonas Grundestam, 2013-03-08)
- Allt underlagsmaterial och arbete som tagits fram i samband med rapporten "Second opinion" på SVAB:s rapport "Henriksdals reningsverk – Utvecklingsalternativ år 2040" (Sweco, 2013-01-25).
- Information om SVAB:s befintliga spillvattentunnlars läge, kapacitet, status och flödesförhållanden från SVAB.
- Information om flöden, flödesvariation och framtida flödesbelastning för Bromma ARV och Eolshäls PST från SVAB.
- Underlaget för denna rapport är främst hämtat från befintligt publikt kartmaterial som är sammanställt, såsom geologiska och byggnadsgeologiska kartblad över Stockholm, generalstabskartor m.m. Utöver detta har information om hemliga anläggningar inhämtats för att kontrollera eventuella konflikter.
- Sträckan är bedömd av försvarsmakten och där finns inga konflikter med deras anläggningar.

2.2 Utförda undersökningar och arbetsmoment

I utredningen har översiktligt följande undersökningar och arbetsmoment genomförts

- Utförande, strukturering, begränsning och framdrift av projekt och projektomfattning.
- Projektmöten med SVAB:s medarbetare och projektledning för planering, samordning och beslutsfattande inom projektet, har hållits kontinuerligt sedan april 2013
- Ett större projektmöte/workshop för riskidentifiering hölls hos SVAB 2013-05-22 samt på Ramböll den 2013-11-14.
- Analys för, och formulering av, transportbehovet av spillvatten .
- Skapande av sammanlagt sex sträckningsalternativ för de olika alternativen. Av dessa sex var fyra varianter av alternativ 4 Bromma ARV till Henriksdals ARV. Baseras på genomgång av kartunderlaget samt kunskap om övrig underlagsinformation och överväganden om hydrauliska funktionen för spillsystemen. Dokumentation av framtagna sträckningsalternativ i ArcGIS-format. Presentation av alternativen vid projektmöten, revideringar och ny dokumentation av sträckningsalternativen.
- Bedömning av, och skapande av sträckning, vad gäller bräddflöden från Bäckersta Byväg för alternativ 4 Bromma till Henriksdals ARV.

- Skapande av mark och tunnelprofiler för tre av alternativen. Dokumentation av framtagna sträckningsalternativ i CAD-format. Dessa har sedan överförts till rapportformatet.
- Skapande av fem varianter av VA-teknisk utformning av Mälarpassagen samt bedömning av vilken variant som är lämpligast.
- Skapande av principiella tunneltvårsnitt för huvudtunnel och arbetstunnel.
- Bedömning av genomförandetidplaner för de fyra alternativen.
- Genomförande och dokumentation av anläggningskostnadsbedömning för de fyra alternativen.
- Genomförande av slutlig värdering, prioritering samt rekommendation av ett av huvudalternativen.
- Dokumentation av projektet i konceptrapport.
- Revidering av konceptrapport samt dokumentation och distribution till slutrapport.
- Geofysiska undersökningar har utförts med avseende att detektera bergnivåerna för möjliga passager under Mälaren och utmed sjösidan vid Bromma.
- Sedan september pågår ett fördjupat utredningsarbete avseende säkerställande och optimering av tunnelsträckning från Bromma till Sickla/Henriksdal.
- Uppdatering och komplettering av översiktlig bedömning av investeringskostnader hösten 2013.
- Upprättande av föreliggande rapport/utdrag samt underlag till sammanställningsrapport av hela projektet gällande ledningsnätet.

3 Förutsättningar

3.1 Utredningsavgränsningar

I detta skede har ett slutgiltigt krav på inläckage inte studerats, varför en kontinuerlig förinjektering av alla tunnlar har antagits. Injekteringen finns med som kostnad och tid i kalkylen.

Information från reningsverken är att kostnaden för inläckande grundvatten endast kommer att vara en pumpkostnad och då är denna förhållandevis liten och därför inte dimensionerande för ett funktionsmässigt krav på inläckage. Styrande för inläckagekravet blir istället i kommande miljökrav vid tillståndsansökan för vattenverksamhet.

I denna utredning har bräddpunkter delvis beaktats men måste utredas vidare (pågå). Ny tunnel kommer att möjliggöra reduktion av bräddpunkter och bräddmängder. En ny tunnel kommer sannolikt även att möjliggöra avveckling av ytterligare befintliga pumpstationer som ej är omnämnda i denna utredning.

3.2 Tekniska förutsättningar

Tekniska förutsättningar för denna utredning har antingen lämnats av projektledningen för Stockholm Vatten, av drift- och underhållspersonal eller antagits av utredningsgruppen. Dessa förutsättningar kan komma att förändras i ett senare skede av projektet.

För detta utredningsarbete har projektet arbetat med förutsättningen att en ny lösning för Bromma reningsverk skall vara driftsatt december 2018.

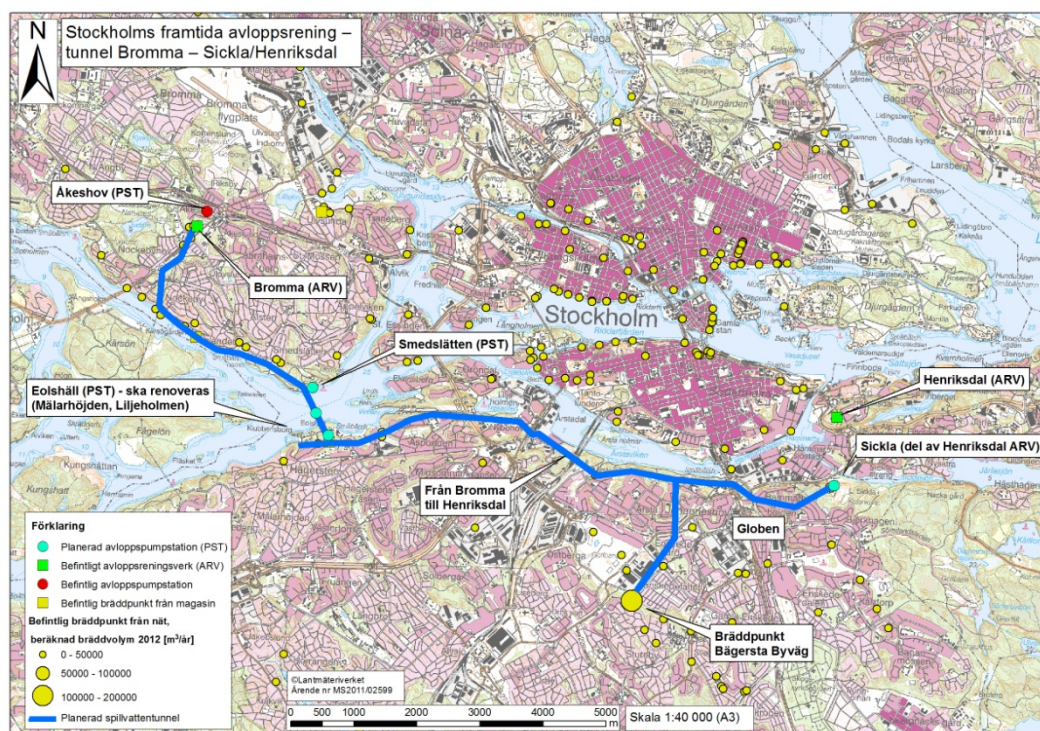
Minsta tunnelltutning har ansatts till 1 promille. Dimensionerande flöde i tunnelns normalprofil har bestämts för respektive alternativ, se kapitel 5.7. Bergtunnelns dimensionerande livslängd har antagits till 100 år och kontinuerlig förinjektering har förutsatts.

För att klara tidplanen har projektet varit styrda till ca 1 300 m tunnelfront samt en tunneldrivning med konventionell teknik, d.v.s. borrhning och sprängning. Detta har medfört behov av ett stort antal arbetstunnlar med tillhörande tunnelpåslag och maskinparker. För drift och underhåll av tunnelarna har ett önskemål på maximalt avstånd mellan utrymningspunkter angivits till 1 000 m.

4 Beskrivning av tunnelsträckning Bromma – Sickla/Henriksdal

4.1 Allmänt om beskrivning

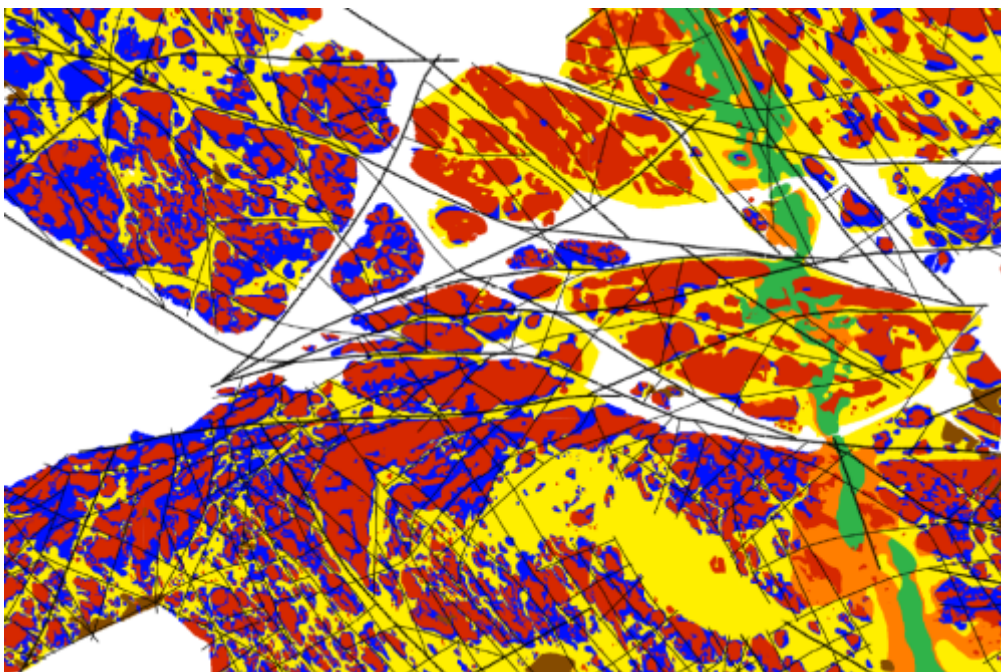
Flöden som idag ansluter till Bromma ARV och Eolshälls pumpstation skall transporteras till Henriksdals ARV. Vidare ska vissa områden i Stockholms kommun, som idag ansluter till Himmerfjärdsverket, transporteras till Henriksdals ARV med tunneln. Om möjligt/lämpligt skall ytterligare flöden t.ex. bräddpunkter anslutas. Spillvattenflödena är av sådan storlek att det är bergtunnel som förutsätts uppfylla transportbehovet.



4.2 Geologisk områdesbeskrivning

Stockholmsområdet utgörs av ett sprickdalslandskap med stora hållområden. Större morfologiska linjer i terrängen, så kallade lineament, korsar hela området. Lineament är en bra indikator på att svaghetszoner finns i berggrunden och är generellt belägna i dalarna i terrängen, d.v.s. borteroderade deformationszoner. De mest framträdande svaghetszonerna visar sig främst som lerfyllda dalar och långsträckta sjöar. Bergplintarna mellan svackorna är med stor sannolikhet opåverkad av plastisk eller spröd deformation.

Stockholmstraktens berggrund är varierande och domineras av granatförande sedimentådergnejser (metasediment), granitoider och grönstenar. Svärmar av diabasgångar genomsätter även berggrunden. Berggrunden är storskaligt mjukt veckad och även lokalt förekommer veckstrukturer. Det finns tre regionala sprickset; NV, NO och V-O som även återfinns på lokalnivå. Jordlagerföljden består av morän (s.k. friktionsjord) avsatt direkt på berggrunden som överlagras av lera. Lokalt förekommer svallsediment och organiska jordarter överst. Stockholmsområdet korsas även av stora isälvsavlagringar, t.ex. Stockholmsåsen, som går i nord-sydlig riktning, se figur 4.2.1.



Figur 4.2.1 Byggnadsgeologisk karta över Stockholm som visar fördelningen av berg (röd), morän (blå), lera (gul) och isälvsmaterial (grön). Källa: Stockholms stad.

4.3 Hydrogeologisk områdesbeskrivning

Grundvattnet i Stockholmsregionen är starkt påverkat. Befintliga tunnlar och andra undermarksanläggningar har påverkat och fortsätter att påverka grundvattennivåer och strömningsriktningar. I tätbebyggda delar är grundvattenbildningen dessutom ofta starkt begränsad genom att stora ytor täcks av hårdgjorda ytor där nederbörden leds bort via dagvattensystem.

4.3.1 Grundvatten i jord

Stockholmsregionen utmärks av s.k. sprickdalslandskap med höjdryggar av berg med tunt eller inget jordtäck och ler- eller vattenfyllda dalgångar. Ovanpå leran förekommer i en del sprickdalar torv och andra organiska jordar. Lerorna underlagras av morän som ofta fortsätter en bit uppför hållslutningarna. Stockholmsområdet korsas även av stora isälvssavlagringar, t.ex. Stockholmsåsen, som går i nord-sydlig riktning. Isälvssavlagringar är generellt avsatta direkt på berggrunden.

Stockholmsåsen (Brunkebergsåsen) är Stockholm stads enda egentliga betydande grundvattentillgång. Grundvattnet i staden är främst en teknisk resurs som bl. a. vissa byggnaders och anläggningars grundläggning är beroende av. I de delar som kan komma att beröras av planerad tunnel är Stockholmsåsen ointressant som dricksvattenresurs.

Grundvattnets uppträdande styrs i hög grad av förekommande jordlager. I östra delen av området är sammansättningen av de lösa jordlagren i hög grad bestämd av Stockholmsåsen/Brunkebergsåsen som går genom Stockholms innerstad i ungefär nordsydlig riktning. Åsen består av grövre jordarter såsom sand och grus som generellt är avsatta direkt på berggrunden. Åsen som ytformation har till stor del blivit bortschaktad i samband med de omfattande ombyggnationer av innerstaden som genomfördes under

50- 60- och 70-tal. Vid sidan om åsen har bergets dalsänkor fyllts av mer finkorniga jordar, såsom silt och lera. Områden med åsmaterial som inte är täckta av finkorniga jordarter eller hårdgjorda ytor kan vara viktiga infiltrationsområden.

Styrande för grundvattennivån i ett områdes grundvattenmagasin är jordarternas genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet) samt vattenbalansen, d.v.s. balansen mellan tillskott av grundvatten via nederbörd, tillförsel från omkringliggande områden, läckande ledningar och avgång av grundvatten till intilliggande magasin, dränerande undermarksanläggningar och berggrund.

Generellt är grovkorniga jordar mer vattenförande än finkorniga. Åsmaterial är ofta mycket vattenförande medan lera kan betraktas som tät. Med få undantag underlagras leran av morän eller (i närheten av åsen) åsmaterial. Ovanpå leran, eller på tät morän, förekommer ibland ett övre grundvattenmagasin i jord. Grundvatten i övre magasin är ofta uppdelat i mindre magasin och grundvattennivåerna kan variera kraftigt på korta avstånd på grund av inverkan från täta grundmurar och ledningar/ledningsgravar med grovt material.

Grundvatten som förekommer i jordlagren ovan berg utgör ofta ett undre magasin. Undre magasin har ofta kontakt med grundvatten i bergsprickor varför grundvattennivåer i jord kan påverkas även av undermarksanläggningar förlagda i berg.

4.3.2 Grundvatten i berg

Grundvatten i kristallint berg förekommer, nästan uteslutande, i sprickor/sprickzoner. Byggnadsgeologiska kartan liksom kartmaterial från SGU visar översiktlig information om större sprickzoner. Vissa av dessa zoner är läkta med silika och/eller kalcit och består i dag av fast berg.

Större morfologiska linjer i terrängen, så kallade lineament, korsar hela Stockholmsområdet (SGU, 2002). Lineament är en bra indikator på att svaghetszoner finns i berggrunden och påträffas framför allt i svackor i terrängen. Bergplintarna mellan svackorna har med stor sannolikhet relativt sett få sprickor och är därmed i mycket liten utsträckning vattenförande.

Grundvattnet i berg saknar betydelse som dricksvattenresurs annat än för enskilda brunnar/intressenter. Dess betydelse som teknisk resurs är också (i relation till grundvattnet i jord) begränsad. Direkt betydelse har det främst för energibrunnar (s.k. bergvärme) och i viss mån för enskilda brunnar. Indirekt kan påverkan på grundvattennivåer i jord ske, varför även helt bergförlagda anläggningar potentiellt kan ge upphov till stora skador om de utförs på ett olämpligt sätt.

Den hydrauliska konduktiviteten (K [m/s]) i en kristallin berggrund varierar flera tiopotenser, särskilt om större sprickzoner beaktas, men varierar vanligtvis mellan ca 10^{-9} – 10^{-6} m/s. För Stockholmsregionen sedimentgnejs uppges den regionala hydrauliska konduktiviteten vara ca 10^{-6} m/s medan gnejsgraniten är tätare med en hydraulisk konduktivitet om ca 10^{-7} m/s (SGU 1984).

4.4 Geologisk och hydrogeologisk beskrivning

4.4.1 Allmänt

Detaljerade förutsägelser av vilken påverkan en viss sträckning kommer att få på grundvattenförhållandena låter sig inte göras utan detaljerade undersökningar av varje enskild delsträcka. Detta på grund av stadsmiljön, med den långa historiken av mänsklig

påverkan med utfyllningar, tidigare avsänkningar av grundvattennivå och andra befintliga dränerande undermarksanläggningar. En översiktlig bedömning av hur olika alternativa sträckningar förhåller sig till varandra vad gäller grundvattenrelaterade miljökonsekvenser kan dock göras utifrån befintligt kartmaterial och tidigare utförda undersökningar. För passagen under Mälaren har det under juni 2013 utförts geofysiska undersökningar för att bestämma bergnivåer, se vidare kap 4.4.4.

4.4.2 Bromma ARV

Berggrunden i området vid befintligt reningsverk är delvis i dagen och består av granit till granodiorit som är normalt uppsprucken. Enligt byggnadsgeologiska kartan går det en svaghetszon tvärs över område som stryker i V-O riktning. I områdets västra del finns riksintressanta De Geer moräner. De är en typ av morän som är nära besläktad med randmoränen och är av mycket högt geologiskt värde. Moränryggarna är ofta ett antal hundra meter långa och cirka 5 m höga och ofta blockiga i ytan. De har pedagogiska värden för naturundervisning och utnyttjas som exkursionslokal. Väster om Brommaverket ligger Judarskogen som i dag är ett kommunalt naturreservat.

Ingen åsformation eller större grundvattenmagasin är identifierade i området. Brommaverket är lokaliserat vid en lersvacka med jorrdjup om ett tiotal meter som omgärdas av morän och berg som går i dagen. I svackan förekommer organiska jordarter, gyttja, enligt byggnadsgeologiska och SGU:s jordartskarta. Lerområden i NO, mot Åkeshov, i anslutning till Brommaverket, kan vara sättningskänsliga vid avsänkning av grundvattennivåer. Området är sedan tidigare dock kraftigt påverkat av sättningar.

4.4.3 Bromma – Eolshäll

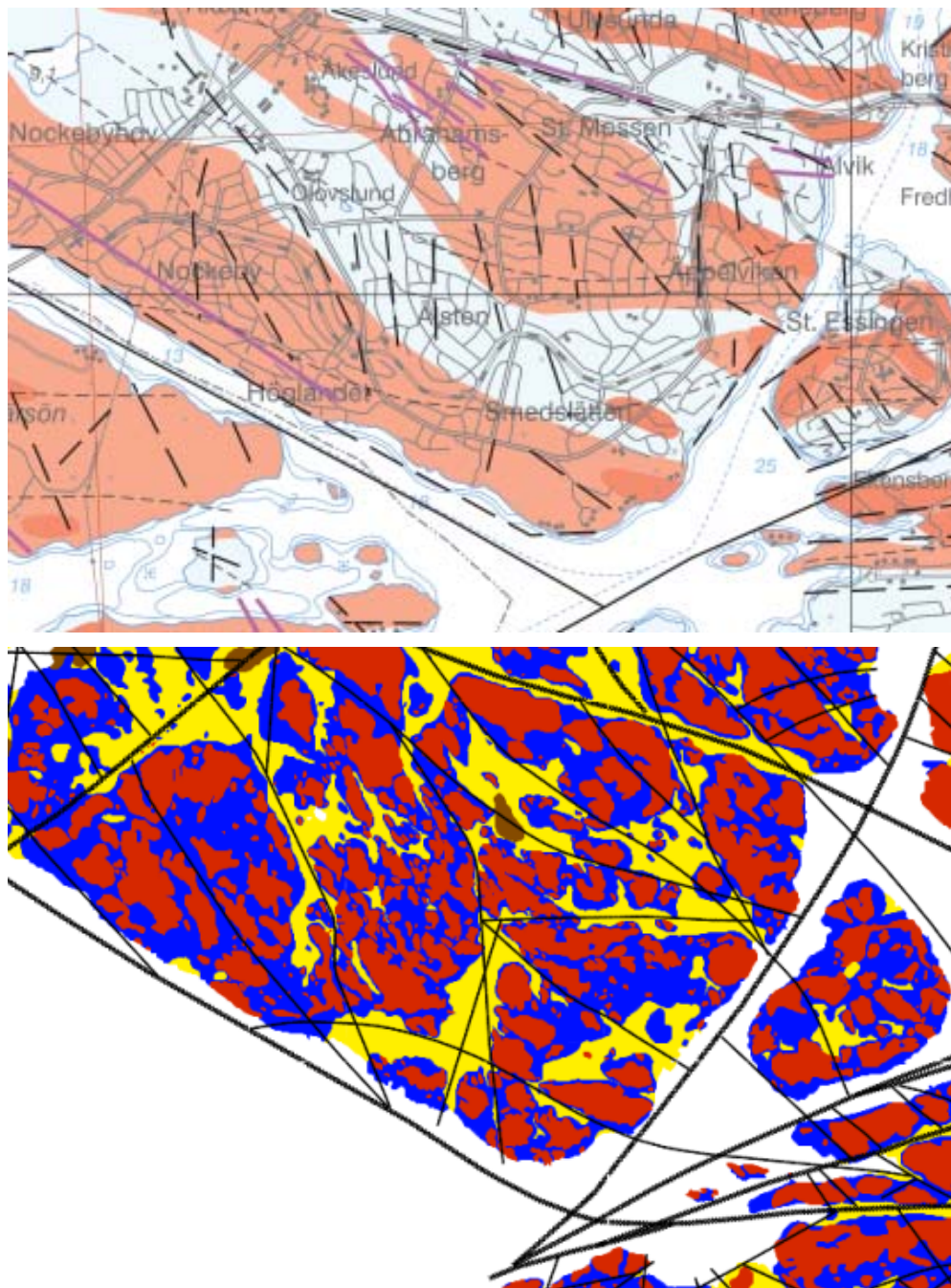
Brommaområdet består till ytan av stora hällområden och därefter av morän- och lerområden. Jorddjupen i lersvackorna har utifrån SGUs jorddjupskarta uppskattats till 5-10 m. De mäktigaste jordlagren är upp till 10-20 m.

Brommaområdet, Stora Essingen, Ekensberg och Aspudden har en berggrund bestående av gnejsig granit till granodiorit varvad med metasediment. Även yngre graniter förekommer sporadiskt såsom Stockholmsgranit, apliter och pegmatiter. En diabassvärm är belägen parallellt med Drottningholmsvägen och en lång solitär diabas stryker parallellt med Nockeby strand (ca 200 m in från strandkanten). Huvudriktningen på diabasgångarna är NV- VNV, se figur 4.4.1.

En ospecificerad deformationszon stryker längs Nockeby strand parallellt med den specificerad deformationszon (spröd) som är belägen i sundet mellan Nockeby och Kårsön.

Likaså vid Mörtviken och Vinterviken förekommer det en ospecificerad deformationszon med höga bergplintar emellan. Jordlagrens mäktighet kan här gå upp till max 5-10 m enligt SGUs jorddjupskarta.

Ingen åsformation eller större grundvattenmagasin är identifierade i området och jorddjupet är relativt grunt längs med största delen av sträckan. Vid Smedslätten (Per Albins väg/Alviksvägen) finns mindre lerområden, som beroende på tunnelns dragning, kan behöva beaktas utifrån dess sättningskänslighet. Deformationszonen som stryker längs med Nockeby strand och dess hydrauliska egenskaper liksom dess eventuella kontakt med Mälaren behöver beaktas vid fastställande av tunnelns slutliga läge då en god hydraulisk kontakt mellan zonen, Mälaren och tunneln kan föreligga.



Figur 4.4.1 Berggrundsgeologisk och byggnadsgeologisk karta över Bromma. Den övre kartan visar bl. a plastisk deformation (små streckad), ospecificerad deformationszon (streckad) och spröd deformationszon (heldragen). Den nedre visar fördelningen av berg (röd), morän (blå), lera (gul) och isälvsmaterial (grön). Källa: SGUs kartgenerator och Stockholms stad.

4.4.4 Passage Mälaren

En eller flera deformationszoner av okänd karaktär går i Mälaren vid aktuellt område. Det kan få stor påverkan på val av teknisk lösning och framdrift av en tunnelanläggning. Geofysiska studier i första hand och geologiska studier (kärnborrning) i andra ger mer information om antalet deformationszoner, deras karaktär, dess bredd, lutning, och zonernas korspunkter. Geotekniska undersökningar med jord-bergsondering och jordprovtagning ger information om bergnivåer och jordens sammansättning, hållfasthet. Undersökningarna korresponderar varandra.

Undersökningarna som utförts för vägprojektet Förbifarten under 2010 och 2011 ger värdefull information om karaktären av Mälarens deformationszoner i intilliggande område. Tolkningar utifrån dessa seismiska undersökningar visar att alla tre undersökta zoner är vertikala och att zonerna inte ligger direkt under det största vattendjupet d.v.s. inte i mitten av sedimentdepressionen. Utifrån kärnborrborrningar har det inte påträffats svällande lera i någon av zonerna. Dock förekommer det lerslag med en tjocklek på mindre än en cm. Relikt saltvatten påträffades i kärnborrhålen under Mälaren.

Zonen vid passagen Sätra – Kungshatt är inte distinkt men vertikal och dess bredd uppskattades till mindre än 10 m. Zonen är läkt, d.v.s. hydrotermalt omvandlad. Breccian är läkt med kisel och kalcit. Ingen kommunikation med sjövattnet i Mälaren noterades när vattenförlust mätningar utfördes i kärnborrhålen. Zonen vid passagen Kungshatt – Lovön är lite sämre än zonen vid Sätra – Kungshatt, enligt Trafikverkets undersökningsresultat.

Under juni 2013 utfördes geofysiska mätningar för den aktuella passagen mellan Smedslätten och Eolshäll. Dessa beskrivs mer ingående i kommande underkapitel.

Vattendjupen på båda sidorna om Stora Essingen är ca 20 m medan vid passagen Smedslätten – Eolshäll är vattendjupen delvis upp till ca 35 m. Sjöbotten består överst av löst lagrade sediment med organiskt innehåll. Därefter följer fast lera och längst ner morän. De mäktigaste sedimenten har i de geofysiska undersökningarna bedömts upp till ca 30 m.

Berggrunden vid passagerna bedöms utgöras av likadana bergarter som på land, d.v.s. gnejsig granit till granodiorit varvad med metasediment. Även yngre graniter kan förekomma sporadiskt. Ingen diabassvärm eller jotnisk sandsten är att förvänta men det går inte att utesluta.

Enligt kartmaterial möts två till fyra stycken spröda deformationszoner (förkastning, sprickzon eller spricka) ute i sundet mellan Smedslätten – Eolshäll. De stryker i NV- respektive NO-riktning. Exakt karaktär, läge och antal zoner är mycket osäkert. En uppskattning kan dock göras utifrån de erfarenheterna från undersökningarna i de tre Mälarpassagerna, för vägprojektet Förbifart Stockholm, att zonen är läkt, vertikal samt ca 10 m bred. Likaså är exakt läge och antal zoner genom sunden på båda sidorna om Stora Essingen mycket osäkert. De stryker i NNO- respektive NO-riktning.

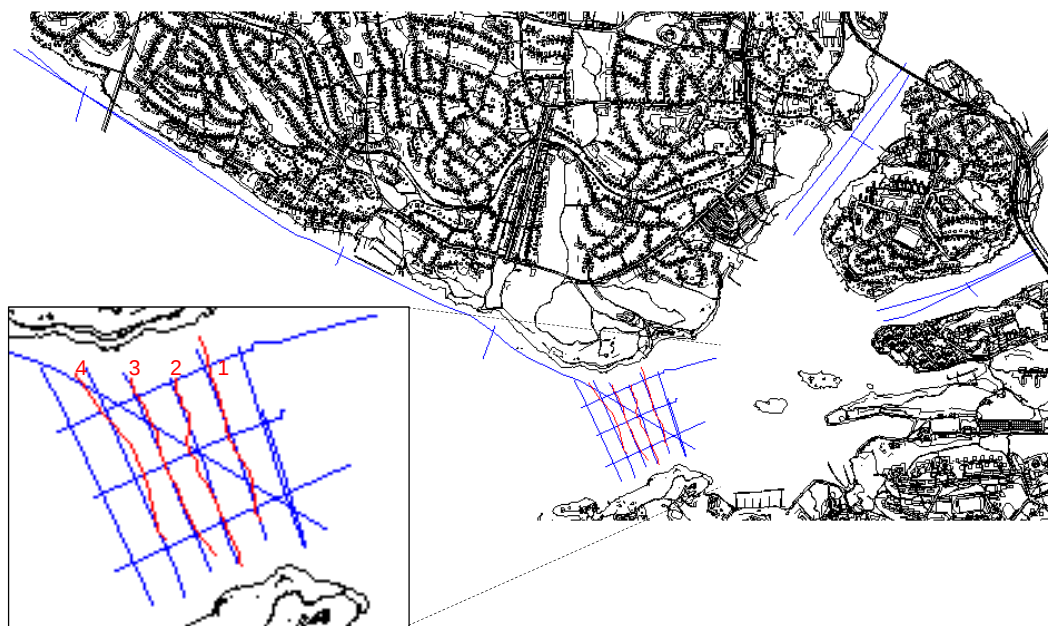
Som nämnts ovan behöver deformationszoner passeras under Mälaren. Styrande för vilka inläckage som fås i tunneln vid passagen under Mälaren kommer att vara den hydrauliska kontakten mellan berget i planerat tunnelläge och den fria vattenmassan i Mälaren, eller med genomsläppliga jordlager som har kontakt med densamma. Eftersom vattentillgången i Mälaren i sammanhanget är obegränsad skulle god kontakt lokalt kunna ge mycket stora inläckage. Dock förekommer med stor sannolikhet förhållandevis täta botten sediment som försämrar den hydrauliska kontakten och därmed håller nere inläckagenivåerna. En annan faktor som styr inläckaget kommer att vara eventuell tätning av tunneln, exempelvis i form av injektering.

Förhållanden kan dock mycket väl skilja sig markant mellan läget för Förbifartens och spillvattentunnelns planerade Mälarpassage. Man bör därför inkludera hydrogeologisk karakterisering av förekommande krosszoner i förundersökningarna för Mälarpassagen. Undersökningarna bör så långt möjligt utföras på planerat tunneldjup. Praktiskt skulle detta kunna innebära undersökningar i borrhål från land.

4.4.4.1 Utförda geofysiska undersökningar

Under juni 2013 utfördes geofysiska undersökningar av Ramböll Danmarks geofysikavdelning under ledning av Roger Wisén vid planerad passage mellan Smedslätten och Eolshäll samt undersökningar kring Stora Essingen och utmed Brommas sydvästra strandlinje, se figur 4.4.2.

Arbetet har innefattat undersökning dels med marin enkel-kanalsseismik och dels som resistivitetmätningar.



Figur 4.4.2 Översikt som visar undersökta linjesträckningar. Seismiska undersökningar visas med blå linjer och resistivitetmätningar med de röda linjerna med tillhörande numrering.

4.4.4.1.1 Metodbeskrivning

Seismiken utfördes som enkanals lågfrekvent marin reflektionsseismik. Ljudenergi skickad mot havsbotten reflekteras i gränsskikten mellan lager med olika densitet och den reflekterade energin mellan dessa gränser skapar en bild som kan tolkas geometriskt. I detta fall syftar tolkningen primärt till att kartlägga gränsen mellan sediment och berg. Utrustningen bestod av en Georesources Geospark 200 sparker källa och en hydrofon streamer med fem element.

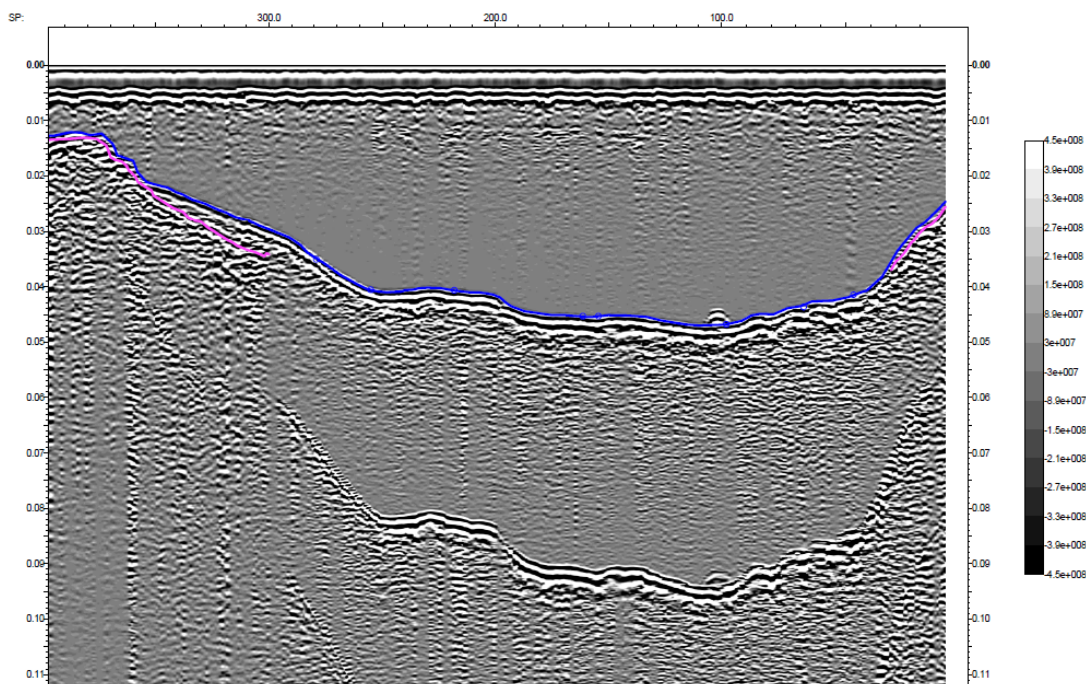
Resistivitetmätning är en geoelektrisk metod där markens resistivitet kartläggs med hjälp av likström. Mätningarna utförs längs en profil med elektroder med konstant avstånd, mellan elektroderna som sitter monterade längs en kabel. Kabeln som använts för mätningarna har 64 elektroder med ett inbördes avstånd på 7 m och en total utlägglängd på 441 m.

Elektroderna förbinds till en mätutrustning via multiledarkablar. För varje enskild mätning används fyra elektroder, två till att sända ström med och två andra emellan vilka det mäts ett potentialfall. Själva mätningarna styrs och utförs av en Terrameter LS från ABEM Instruments AB.

Utöver mätningar ovan utfördes resistivetsloggning av vattnet i Mälaren i flera punkter. Detta gjordes med en resistivetssond som ger hög vertikal upplösning och möjlighet att logga flera punkter på kort tid. De absoluta resistivetsvärdena för dessa logdata kontrollerades i en av punkterna med en konventionell 4-elektrods resistivetsmätning med kabel med 2 m elektroduttag.

4.4.4.1.2 Resultat

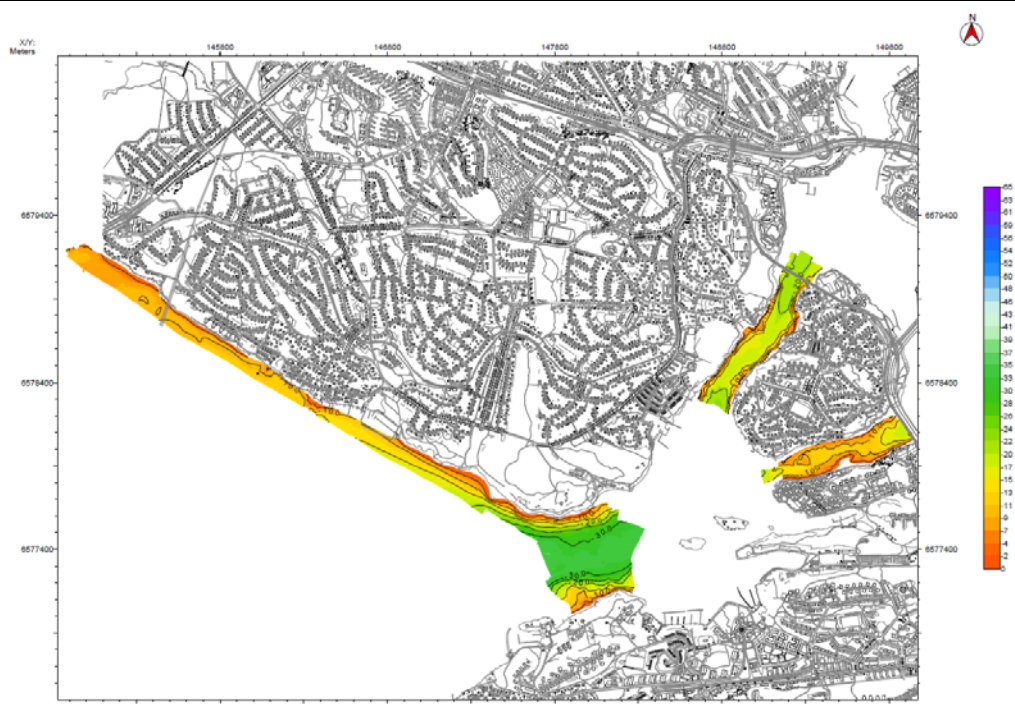
Resultaten presenteras huvudsakligen i ett antal planer och profiler. Datakvaliteten på de seismiska resultaten är generellt mycket god men i ett par områden förhindras penetration till berget av lösa och gasfyllda sediment på botten. Detta sker dels i det djupa området mellan Smedslätten och Eolshäll, se figur 4.4.3 och dels på en sträcka längs Brommas strandlinje.



Figur 4.4.3 Del av sjöbotten mellan Smedslätten och Eolshäll är tolkad med en blå linje och bergnivån med violett. X-axeln visar längden utmed linjen och Y-axeln är i millisekunder som i detta fall kan multipliceras med en faktor på 770 för att erhålla enheten m. Den tydliga linjen i figurens nedre del är ett botteneko och skall därför inte tolkas som en bergnivå. Figuren ger ett största bottendjup på ca 35 m.

Figuren 4.4.3 visar samtidigt på behovet av den kompletterande undersökningen med resistivetsmätningar för att kunna tolka bergnivån.

Höjddata har mottagits från Clinton Mätkonsult AB på bakgrund av bathymetri och positionering av de utlagda resistivetslinjerna. Höjderna från bathymetrin har kontrollerats mot djupen från de 6 trycksensorerna på kabeln och felet är generellt mindre än 1 m, se figur 4.4.4.



Figur 4.4.4 Tolkad bottennivå med Bathymetri i området längs linjerna i höjdsystem RH2000.

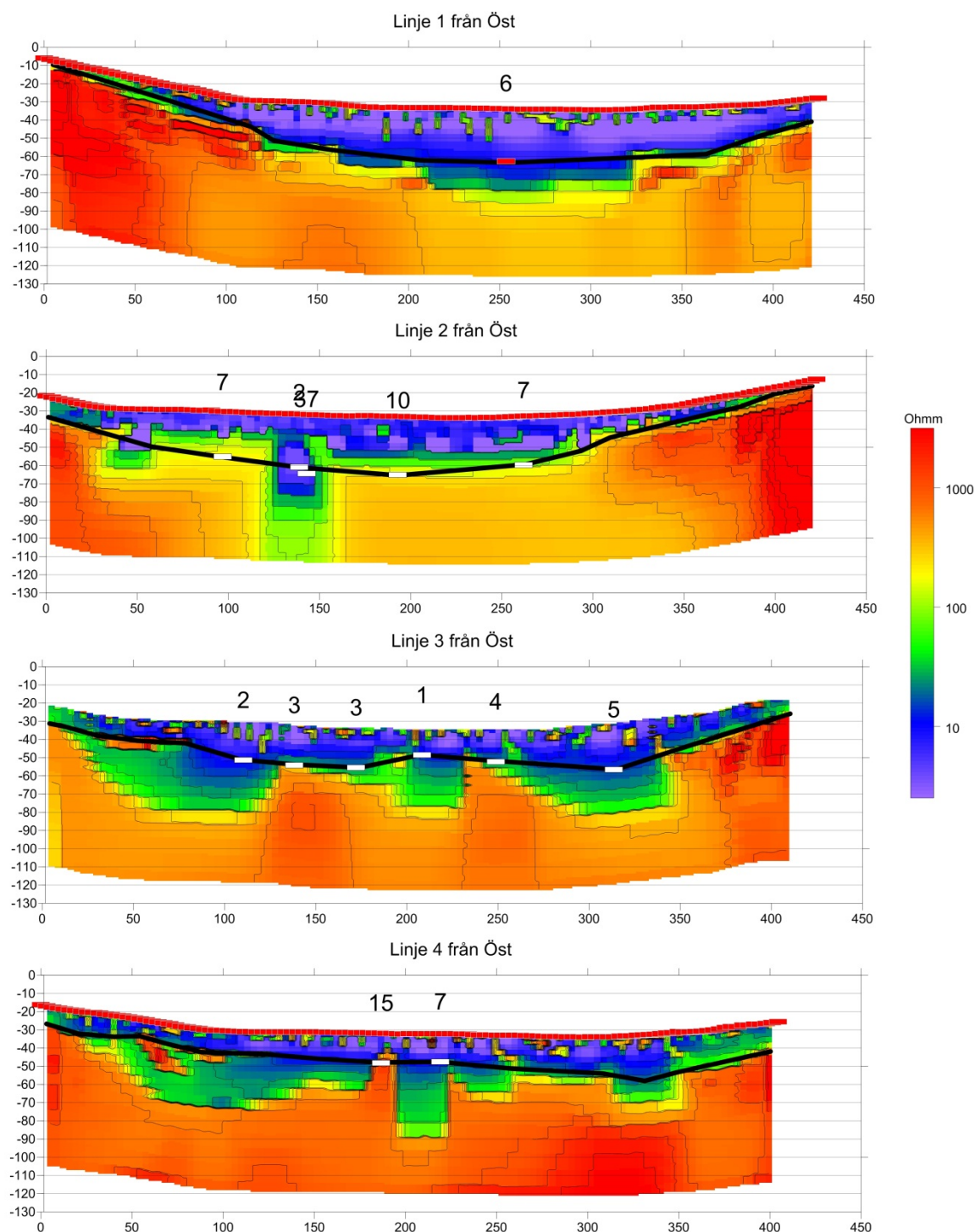
Resultatet från resistivetsmätningen är mycket goda för de två linjerna längst i öst, linje 1 och linje 2 men betydligt sämre för linje 3 och 4. Anledningen till detta är att det funnits en trolig påverkan från en befintlig sjökabel eller något annat som alstrat elektrisk ström och på så sett stört mätningen och tolkningen. Resultaten från resistivetsmätningen visas som profiler i figur 4.4.5 och som tolkad nivå för berg i figur 4.4.6 med delförstoringar i figur 4.4.7 – 4.4.11.

I samtliga fyra profiler har det tolkats en bergnivå med stöd från de under hösten utförda jordbergsonderingarna. Jordlagren är mycket lågresistiva i toppen, omkring 1 Ohmm, vilket är normalt för t ex marin lera. Det syns en del högresistiva inklusioner i det översta tioalet meter av jordlagren.

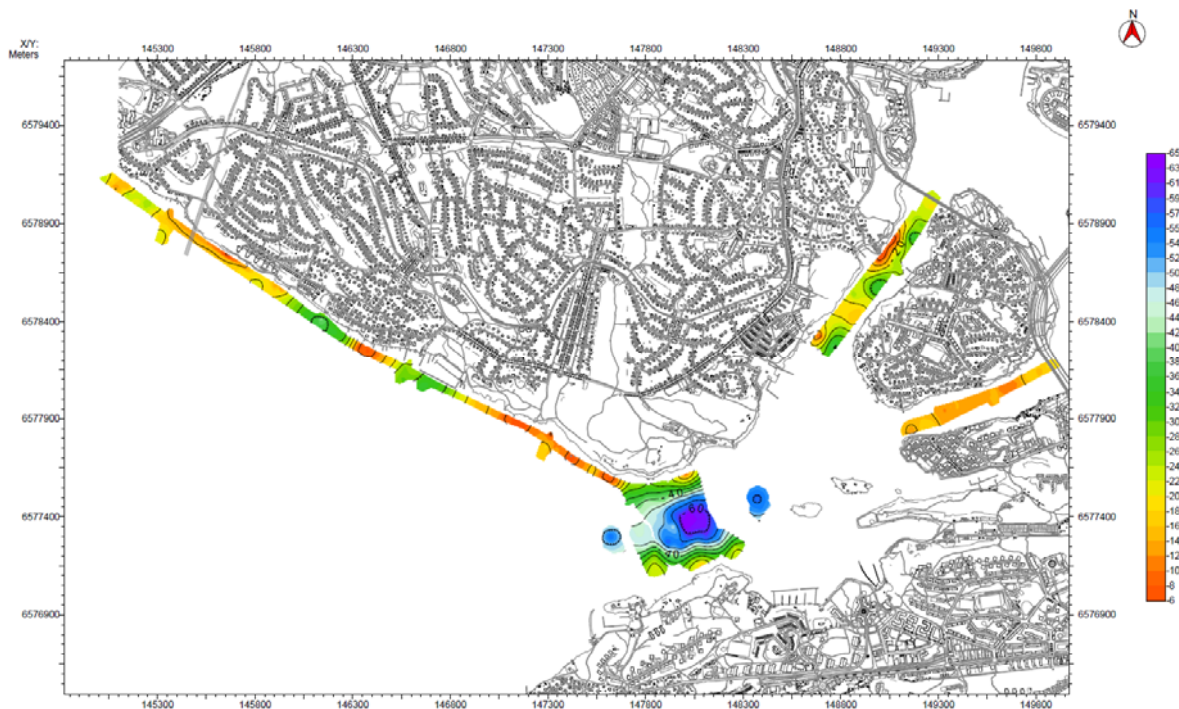
I profil 1 syns inga vertikala strukturer i berget men den djupaste punkten för bergnivå ligger på nivå ca -65 till -70 m.

I profil 2 syns en vertikal struktur med centrum i längdkoordinat ca 135 m. Detta är antagligen en effekt från en ledning eller möjligtvis en vertikal svaghetszon i berget. Bortsett från denna struktur ligger den tolkade bergnivån som lägst på nivå ca -65 m i profil 2.

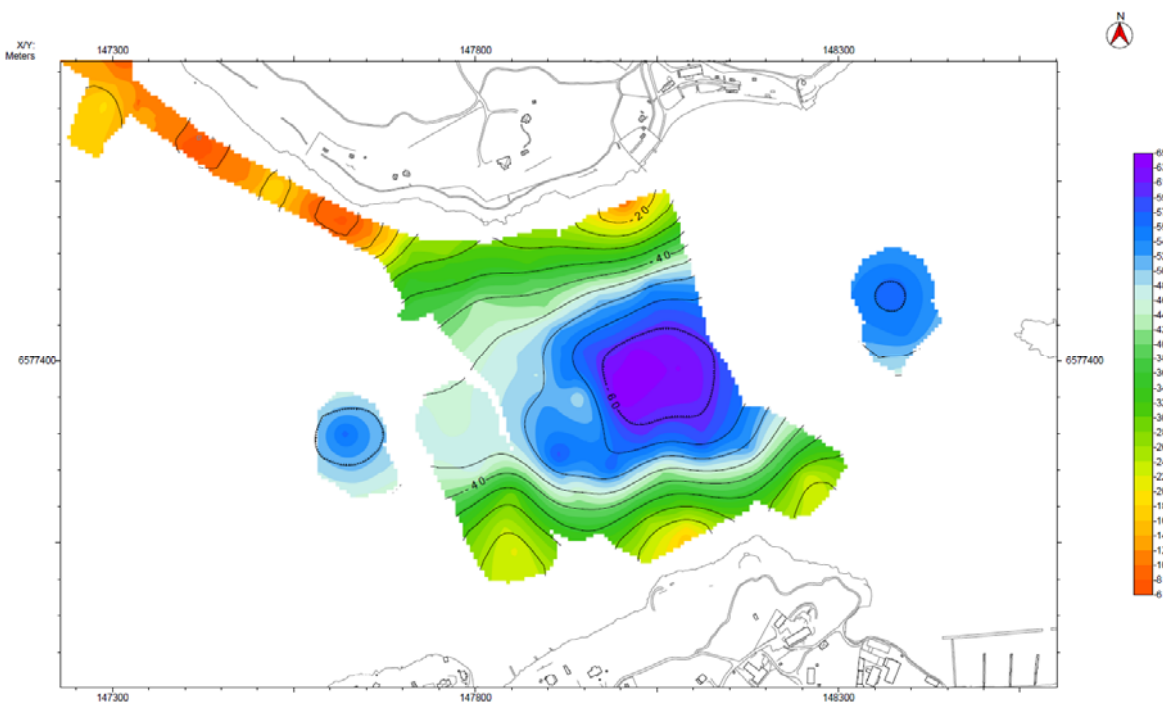
I profil 3 och 4 varierar bergets nivå tillsynes ganska mycket och är tolkat som lägst i nivå -80 m. Resistiviteten i de tolkade jordlagren under nivå -60 m är betydligt högre här än i profil 1 och 2. Med tanke på de kraftiga störningarna i dessa två profiler kan det inte uteslutas att gränsen till berg kan ligga högre än det som tolkats här, vilket får stöd av jordbergsonderingarna. Det syns även högresistiva, långsträckta horisontella strukturer i jordlagren i den vänstra delen av dessa profiler. Bara utifrån resistivetsmätningarna går det inte att säga om dessa kan tolkas som berg. Här måste man definitivt kontrollera nivåerna med ytterligare om tunneln skall förläggas i denna profil. Existerande ledningar på botten gör det problematiskt att borra ytterligare.



Figur 4.4.5 Resistivetsprofiler från linje 1-4. Profilerna visas från öster till väster. Till höger ligger Eolshäll och vänster Smedslätten. Numreringen hänvisar till utförda Jb-sonderingar som dock inte är slutredovisade i detta skede.



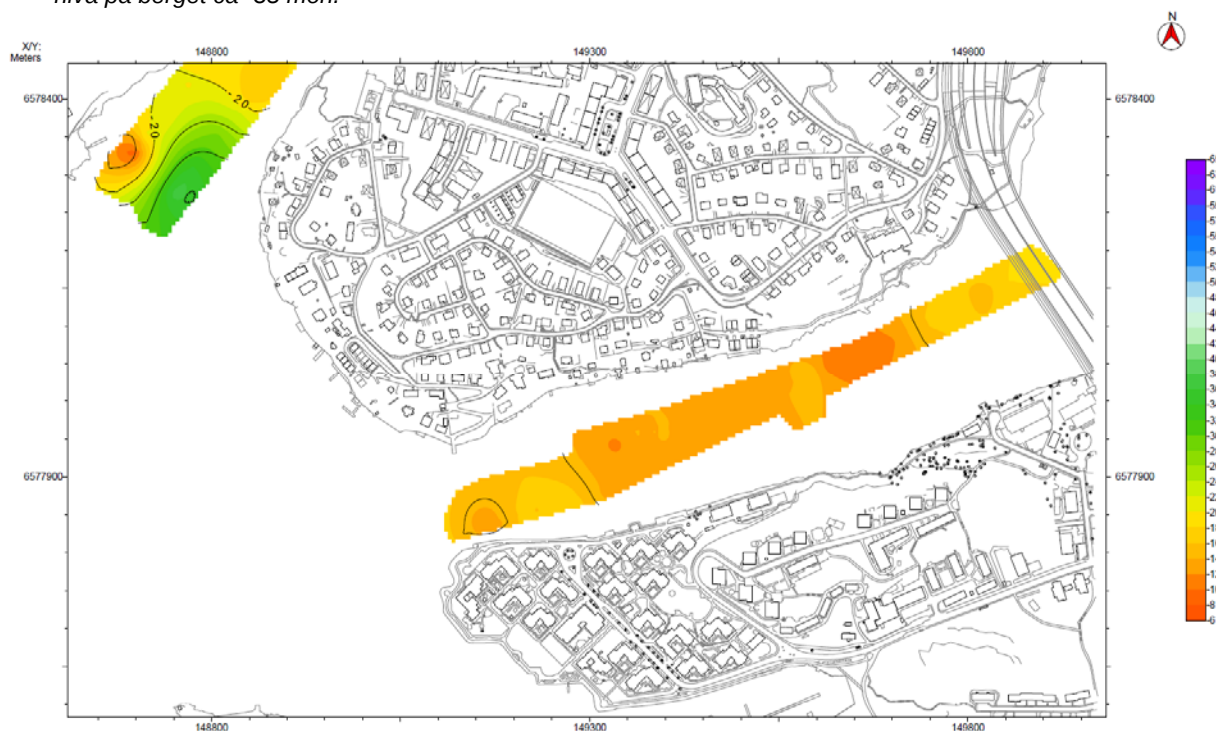
Figur 4.4.6 Översiktskarta som visar nivå på tolkad bergövertya i RH2000 höjdsystem. Resultatet är baserat på tolkning från både seismik och resistivitmätningar.



Figur 4.4.7 Detalj som visar specifikt området mellan Smedslätten och Eolshäll med lägsta nivåer på berg kring ca -65 till -70 möh.



Figur 4.4.8 Detalj som visar specifikt området mellan Äppelviken och Stora Essingen, här lägsta nivå på berget ca -35 möh.



Figur 4.4.9 Detalj som visar specifikt området mellan Stora Essingen och Ekensberg, här lägsta nivå på berget ca -20 möh.

20 (63)

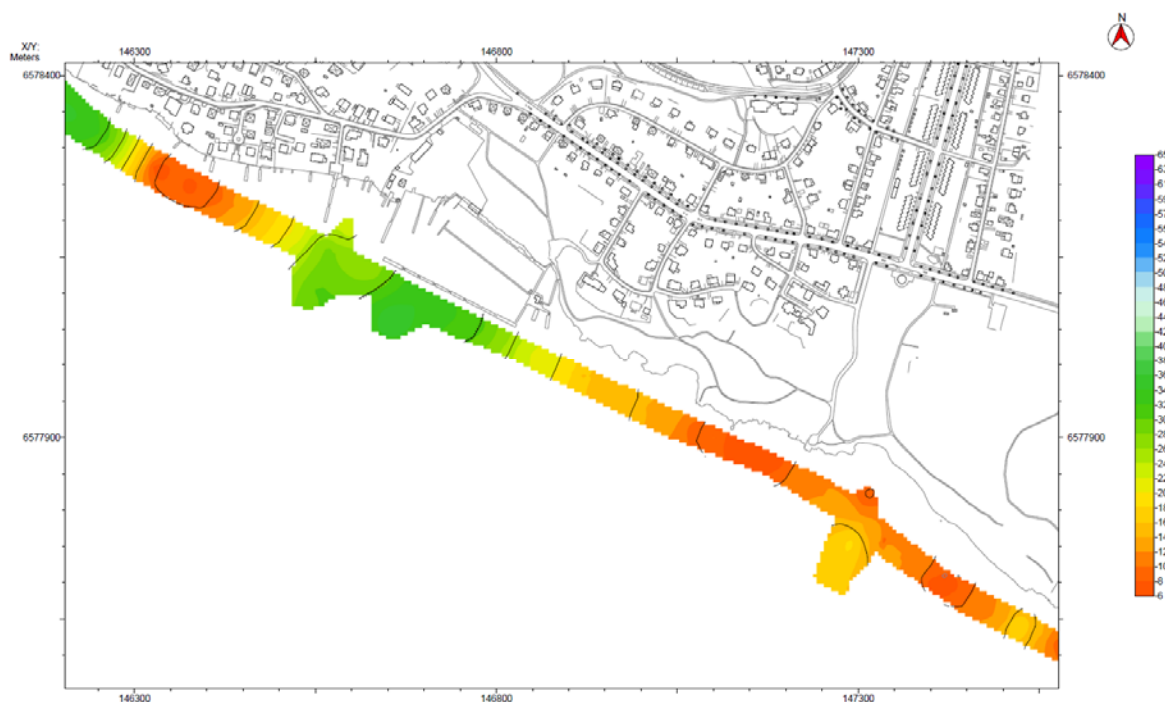
UTREDNING

2013-12-01

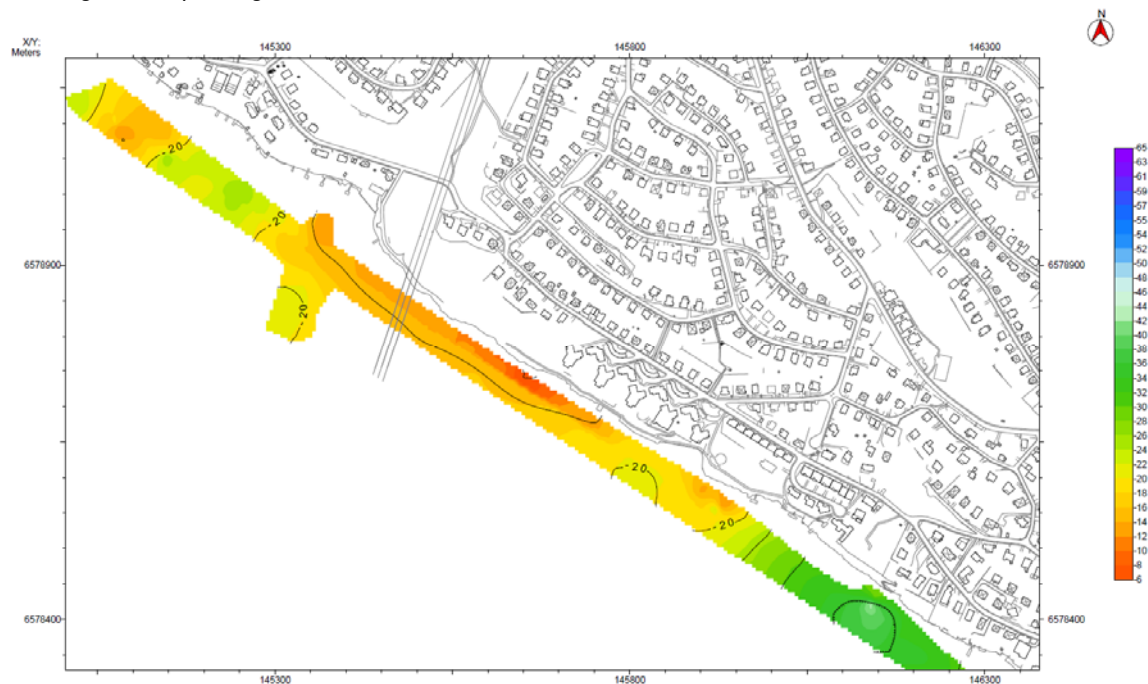
BILAGA 1 STOCKHOLMS FRAMTIDA AVLOPPSRENING – LEDNINGSNÄT (SFAL)

UTDRAG UR UTREDNING VÄSTERORTS FRAMTIDA AVLOPPSRENING DELRAPPORT 2, LEDNINGSNÄT, MED JUSTERINGAR OCH KOMPLETTERINGAR.

\\ad.stockholm.se\cli-home\ca2home038\ac22301\documents\dokument\vd\styrelsemöten\ärenden\2013\131211\4 bilaga 1 genomförandebeslut anordnande framtida avloppsvattenrening.docx



Figur 4.4.10 Detalj som visar specifikt området mellan Smedslätten/Höglandet och Ekerö, här lägsta nivå på berget ca -25 möh.



Figur 4.4.11 Detalj som visar specifikt området mellan Nockebyhov/Nockeby och Ekerö, här lägsta nivå på berget ca -25 möh.

4.4.4.1.3 Slutsatser från utförda geofysiska undersökningar

De tolkningar som gjorts här beträffande de geofysiska mätningarna har kontrollerats och kalibrerats med jord-bergsondering. Vad gäller seismiken är den tolkade nivån beroende av hastigheterna i de olika jordlagren. Det råder fortfarande viss osäkerhet mellan den tolkade geofysiken och de faktiska borrhningarna. Osäkerheterna i profil 3 och 4, kommer vara svåra att verifiera med borrhningar då det ligger befintliga ledningar på botten som försvårar undersökningen. I dessa sektioner går det att tolka att berget går upp som en rygg, men det är osäkert. Är det dessa ledningar som är att ta reda på om variationen i bergnivån kan vara effekter av ledningar eller andra störningar och att nivån på berget därmed tolkats fel.

Det skall dock noteras att det digitala underlaget inte är heltäckande, information finns endast i de linjer där resistivitetsmätning gjorts, och därför kan det inte uteslutas att det rör sig om långsträckta svackor. Utifrån ett geologiskt perspektiv av bildningsprocessen är det dock mer troligt att det rör sig om en långsträckt förkastning, eller en korsning av flera förkastningar.

Utifrån resultaten bör, i denna utredning, inte tunneltaket under passagen av Mälaren ligga yttligare än nivån -80 m, d.v.s. tunnelbotten bör ligga kring nivå -85 m, men denna analys är fortfarande under utredning. Linjen kan därför komma att justeras ytterligare vad gäller höjdläge och planläge vid passagen av Mälaren.

4.4.5 Eolshäll – Sickla/Henriksdal

Södra Stockholmsområdet utgörs av ett sprickdalslandskap med stora hållområden. Svaghetszonerna i berggrunden är generellt belägna i dalarna.

Området består till ytan främst av lerområden och därefter av håll- och moränområden. Jordlagerföljden består av morän avsatt direkt på berggrunden som överlagras av lera och överst ställvis av svallsediment och organiska jordarter. Jorddjupen i lersvackorna har utifrån SGUs jorddjupskarta uppskattats till 5-10 m men även djup upp till 20 m förekommer. Sträckningen går inte under något sund eller någon sjö.

Årstafältet utgör det största området med lera i södra Stockholm. Årstafältet har de mäktigaste jordlagren vilka är upp emot 20-30 m. Området korsas även av en stor isälvsavlagring, Stockholmsåsen, som går i nord-sydlig riktning vid Gullmarsplan. Isälvsavlagringar är generellt avsatta direkt på berggrunden och är stora grundvattenmagasin.

Berggrunden är varierande och domineras av granatförande sedimentådergnejser (metasediment), granitoider och metabasiter (grönstenar). Längs Årstavikens södra strand förekommer metabasiter. Metabasiter kan vara mer vittrade än graniter. Svärmar av diabasgångar genomsätter även berggrunden vid Långbro, Nybohov och Hammarbyhöjden. Huvudriktningen på diabasgångarna är NV- VNV. Det finns tre stycken regionala sprickset; NV, NO och V-O som även återfinns på lokalnivå. Uppskattningsvis kommer tunnelsträckningen korsa ett 30-tal lineament (potentiella sprickzoner) som främst går i NV och NO riktning. Flertalet av lineamenten står för plastisk deformation, ca 10-tal stycken lineament står för ospecificerad deformationszon och två står för en spröd deformationszon som går i V-O riktning och stryker längs Aspudden och Liljeholmen och sedan ut i Årstaviken och längs denna för att sedan sammanstråla till en zon som går i V-O riktning och stryker strax norr om Hammarbyvägen, se figur 4.4.14.

Enligt SGUs berggrundskarta stryker en ospecificerad deformationszon längs Årstavikens södra strand, parallellt med stranden. Detta bör undersökas i nästa skede då det eventuellt kan ha påverkan på tunnelsträckningen. Deformationszonen finns inte redovisad på den byggnadsgeologiska kartan, se figur 4.4.14.

Tunneln kommer att passera ett flertal sprick- och krosszoner och den kan komma att passera under ett antal sedimentfyllda svackor av varierande storlek, exempelvis Årstafältet/Enskedefältet. Beroende på balansen mellan nybildning av grundvatten och tillförsel från omkringliggande områden kan inläckaget i tunneln ge upphov till sänkning av grundvattennivåer i jord i närheten av tunnelsträckningen. Detta i sin tur är kopplat till risker för sättningar i lerområden och eventuellt påverkan på känslig vegetation. Årstafältet är ett område där mäktiga, lösa leror ger stor känslighet för grundvattennivåsänkningar.

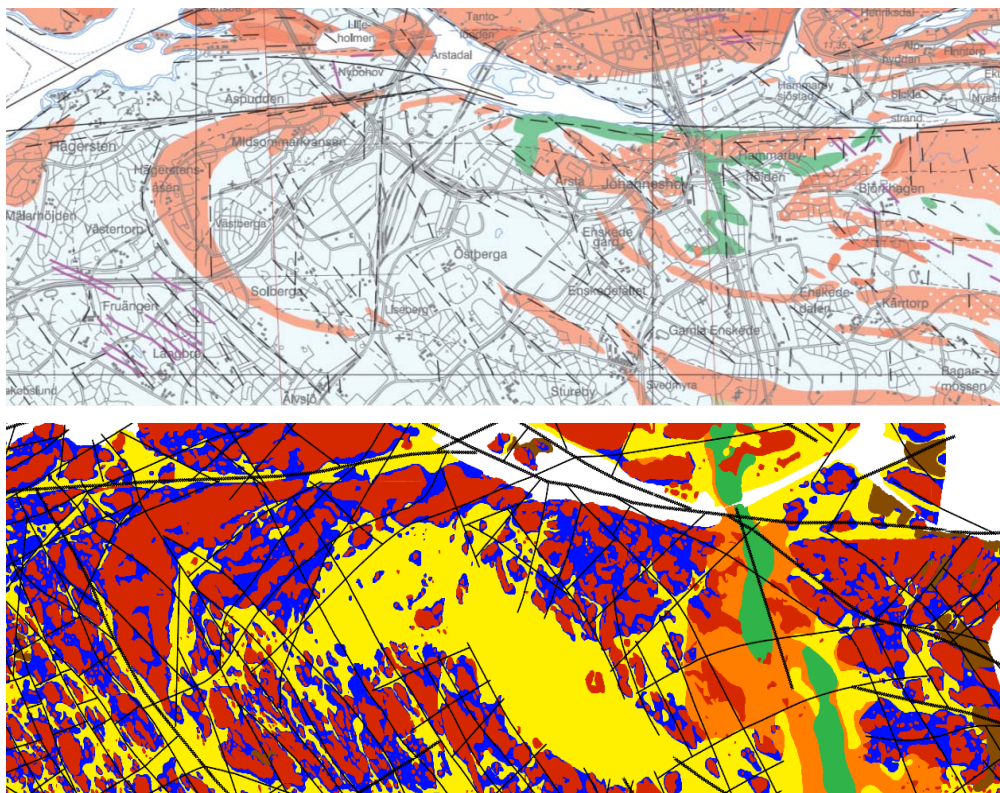
Vid passage under jordlager med hög vattenförande förmåga (Stockholmsåsen) finns risker för påverkan på större avstånd från tunnellinjen och även lokalt större inläckage om god hydraulisk kontakt med större grundvattenmagasin förekommer.

Till saken hör att flera befintliga tunnlar, kraftledningstunnlar, Södra länken etc., finns i området sedan tidigare. Detta kan dels medföra att vissa områden är extra känsliga, men det kan också medföra att en del lerområden redan är dränerade, varför ytterligare påverkan inte ger ytterligare sättningar. Exakt omfattning av inläckage, grundvattennivåsänkning och sättningsrisker mm kräver mer detaljerade undersökningar för att förutsäga i detalj.

Det senast genomförda tunnelprojektet i området är kraftledningstunnel Skanstull-Solberga. Denna varierar i djup mellan +3 och -22 m och har en tvärsnittsarea av samma storleksordning som planerad tunnel. I förundersökningarna för denna har rapporterats inläckagenivåer om som högst 7,7 l/min $\times$ 100 m tunnel vid passagen under Årstafältet. Man rapporterar också att inläckage i då befintlig kraftledningstunnel minskade från 6 till omkring 2-3 l/min $\times$ 100 m tunnel då Södra Länken byggdes. Den hydrogeologiska konduktiviteten i bergmassan utanför förekommande zoner har vid vattenförlustmätningar inför Södra Länken enligt uppgift beräknats ligga kring $1-4 \times 10^{-7}$ m/s respektive $<10^{-7}$ m/s i olika delsträckor. Generellt längs kraftledningstunneln uppskattades konduktiviteten vara $<10^{-7}$ m/s utanför förekommande sprickzoner.

Vid projekteringen av kraftledningstunneln Skanstull-Solberga har riktvärden för inläckage satts till mellan 1,5 och 7 l/min $\times$ 100 m tunnel. Dessa riktvärden sattes med hänsyn till risken för sättningar till följd av grundvattennivåsänkningar. Vid passagen under Borensvägen övervägdes lining som skyddsåtgärd, då detta normalt möjliggör kraftigare sänkning av inläckage än konventionell injektering.

Om tunnelsträckningen innebär passage under åsen nära Mälaren/Saltsjön bör man omsorgsfullt, genom arkivstudier av tidigare utförda utredningar och vid behov, av fältundersökningar, undersöka risken för hydraulisk kontakt med Stockholmsåsen. Detta skulle kunna ske via genomsläppligt åsmaterial och sprickzoner i berggrunden, jämför avsnitt Mälarpassagen ovan. Förekommande bergklackar i åsen eller tidigare avsänkning av grundvattennivåer, p.g.a. t.ex. Södra länken, kan dock utgöra ett effektivt skydd för detta. Även sekundär påverkan på lerområden nedströms åspassagen bör utredas. På grund av den urbana miljön är sannolikt åsens funktion som grundvattenmagasin kraftigt störd i och med befintliga urschaktningar för vägar etc.



Figur 4.4.14 Berggrundsgeologisk och byggnadsgeologisk karta över södra Stockholm. Den övre kartan visar bl.a. plastisk deformation (små streckad), ospecificerad deformationszon (streckad) och spröd deformationszon (heldragen). Den nedre visar fördelningen av berg (röd), morän (blå), lera (gul) och isälvmaterial (grön). Källa: SGUs kartgenerator och Stockholms stad, www.stockholm.se/ByggBo/Kartor-och-lantmater/Bestall-kartor/Byggnadsgeologisk-karta

4.5 VA-teknisk utformning av Mälarpassagen

4.5.1 Allmänt

Transporten av spillvatten kommer att passera Mälaren. Passagen sker lämpligast ur VA-teknisk synvinkel i närheten av Eolshäll. Det maximala vattendjupet är där ca 35 m och utförda seismiska undersökningar och borrhningar visar att det finns en mycket djup svacka/brant under sjöbotten, vilket medför speciella problemställningar.

Den tekniska lösningen påverkar därmed kraftigt investerings- samt drift- och underhållskostnader. Särskild vikt har därför lagts på utformningen av passagen.

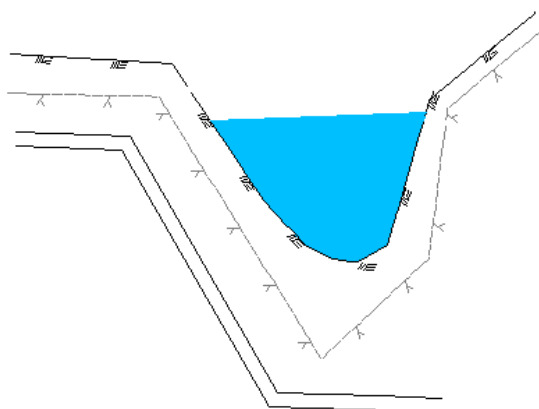
Innan tunnelloösningen valdes studerades fem alternativa lösningar av passagen som kunde tänkas utifrån ett VA-perspektiv:

- Variant A: Tunnel med vatten i bottenränna och med jämn lutning i vattnets riktning
- Variant B: Tunnel i form såsom en dykarledning
- Variant C: Tunnel i form såsom en dykarledning men torr och med monterade spillvattenledningar
- Variant D: Mikrotunnel i lera under sjöbotten
- Variant E: Sjöledning

4.5.2 Variant A. Tunnel med vatten i bottenränna och med jämn lutning i vattnets riktning.

Inkommande tunnel antas ha en bottennivå på ca -30 m. För att tunneln ska kunna få tillräcklig bergtäckning vid passagen kommer tunneltaket att i djupaste läget ligga på ca -75 m och därmed tunnelbotten på ca -80 m.

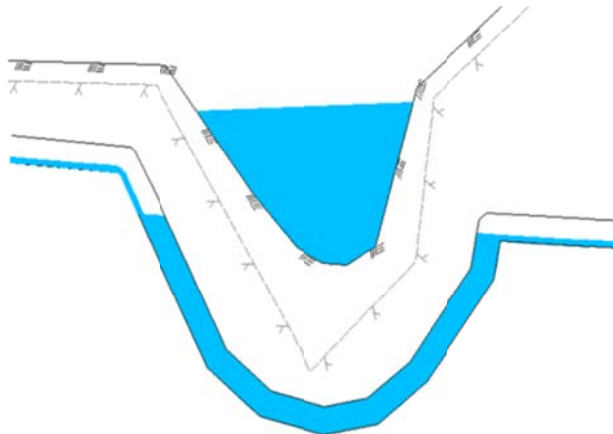
Problemet med denna lösning är att spillvattenytan kommer att ligga ca 50 m djupare efter passagen än före. Denna höjdförlust medför att hela vattenmängden måste pumpas lika mycket extra vid Sickla, vilket i sin tur ger höga tillkommande pumpkostnader (beräknade till ca 10 Mkr/år vid drifttagandet). Därtill kommer kostnader för längre tillfartstunnlar.



Figur 4.5.1 Principiell figur för variant A. Vattnet rinner från vänster till höger i figuren.

4.5.3 Variant B. Tunnel i form såsom en dykarledning.

I detta alternativ låter man bergtunneln stiga efter passagen till en nivå som är något lägre än nivån före densamma, se figur 4.5.2.



Figur 4.5.2 Principiell figur för variant B. Vattnet rinner från vänster till höger i figuren. Avståndet mellan vattenytan i dämnd tunnel och inkommande tunnel vid brytpunkten före passagen är starkt överdriven och är mindre än 1 m.

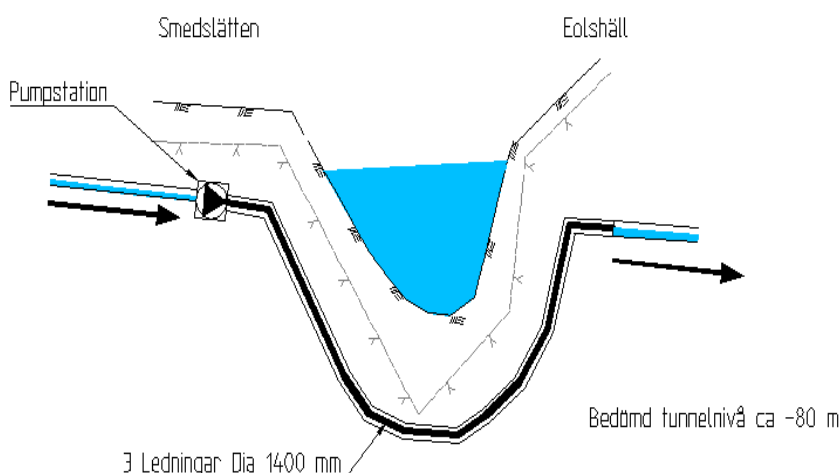
Problemet med den höjdförlust som uppkom med Variant A är här eliminerad men ett nytt problem uppkommer med denna lösning, eftersom tunneln i lågpunkten blir helt fylld med vatten. I normala fall rinner vattnet i ränna på tunnelgolvet med viss hastighet. Då tunneln blir fylld minskar vattenhastigheten dramatiskt och i princip erhålls en sedimenteringsbassäng. Rensning är i praktiken i princip omöjlig, om inte tunneln töms. Två fall kan då tänkas; båda är knappast realistiska:

- Orenat spillvatten bräddas ut i sjövattnet i stora mängder medan man tömmer tunneln under en längre tid med en mindre pump från Eolshällssidan, något som knappast kommer att accepteras av ansvariga myndigheter.
- Anlägga en stor temporär pumpstation uppströms Mälarpassagen samt pumpa det höga flödet via grova temporära ledningar till tunneln nedströms Eolshäll. Sjötrafiken måste då eventuellt stängas av om åtgärden är av akut karaktär och risk för avloppsutsläpp kan inte uteslutas.

Av dessa skäl kan inte Variant B rekommenderas.

4.5.4 Variant C. Tunnel i formen som en dykarledning men torr och med monterade spillvattenledningar.

Tunnelns profil är i princip lika förra varianten men spillvattnet leds genom tunneln via ledningar, som monteras på tunnelväggen eller annan lämplig plats, se figur 4.5.3.



Figur 4.5.3 Principiell figur för variant C. Vatten rinner från vänster till höger i figuren.

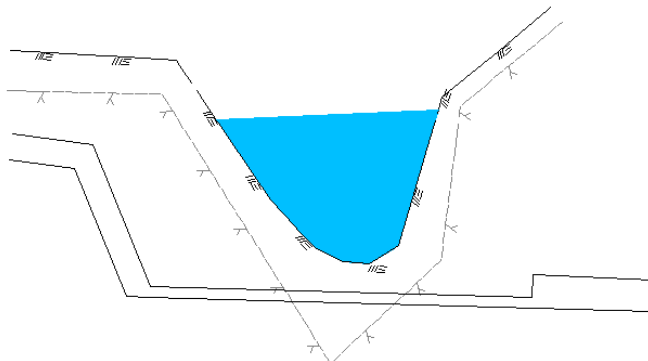
Ledningarna ansluts till en i sammanhanget mindre pumpstation som placeras före vattenpassagen.

Fördelen med detta alternativ, jämfört med föregående, är att vattnet pumpas via ledningar varigenom självrensningshastigheten kan garanteras. Ledningarna blir utvändigt inspekterbara. Vid behov kan ytterligare ledningar installeras.

Kostnader för ledningar, ny pumpstation samt tunnel med större dimension blir överslagsmässigt billigare än variant A om pumpstationen placeras omedelbart före Mälarpassagen.

4.5.5 Variant D. Mikrotunnel i lera under sjöbotten

Normalt vattentryck är 20 à 30 mvp för denna typ av lösning. Det är möjligt att utföra denna lösning vid ett tryck av 50 mvp men vid ännu större tryck fordras speciallösningar, se figur 5.5.4.



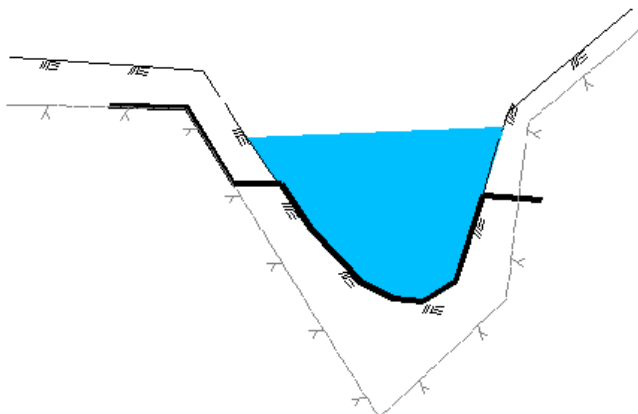
Figur 4.5.4 Principiell figur för variant D. Vattnet rinner från vänster till höger i figuren.

Med denna lösning förloras höjd men mindre än i Variant A. De extra pumpkostnaderna blir dock tämligen höga. Därtill är inte en mikrotunnel inspekterbar på samma sätt som en konventionell tunnel, såvida den inte görs mycket stor med högre kostnad som följd. Om dessutom en tunneldel sätter sig blir en reparation mycket svår eller i praktiken omöjlig att utföra till rimliga kostnader.

4.5.6 Variant E. Sjöledning

Tre sjöledningar av stål, vardera med en diameter på 1,4 m, kan användas vid passagen av Mälaren. Ledningarna spolas ner i sjöbotten. En av dessa skall utgöra reservledning. Om möjligt läggs dessa med ett inbördes avstånd av 100 m, då de ligger i en farled. Konsekvensen vid en skada vid en eventuell dragning med ankare skulle då minimeras till en ledning, se figur 4.5.5. Ett oönskat utsläpp av avloppsvatten skulle bli följden, om det var en ledning i drift som havererade.

Som i Variant A bör en pumpstation (ej utritad) byggas före passagen för att garantera att självrensningshastigheten uppnås.



Figur 4.5.5 Principiell figur för variant E. Vattnet rinner från vänster till höger i figuren.

4.5.7 Vald VA-lösning under Mälaren

Beaktande faktorer som miljö, teknik och ekonomi, vid rådande utredningsskede, har varianten med torr tunnel (Variant C enligt kapitel 4.5.4) valts som VA-lösning under Mälaren.

Eftersom man i framtiden kan behöva öka ledningskapaciteten väljs en något större tunnelarea i detta tunnelavsnitt. Då finns plats för minst fyra rör vardera med diametern minst 1,4 m. Totalt kan då mer än 9 m³/s pumpas genom tre rör samtidigt som det fjärde finns som reserv.

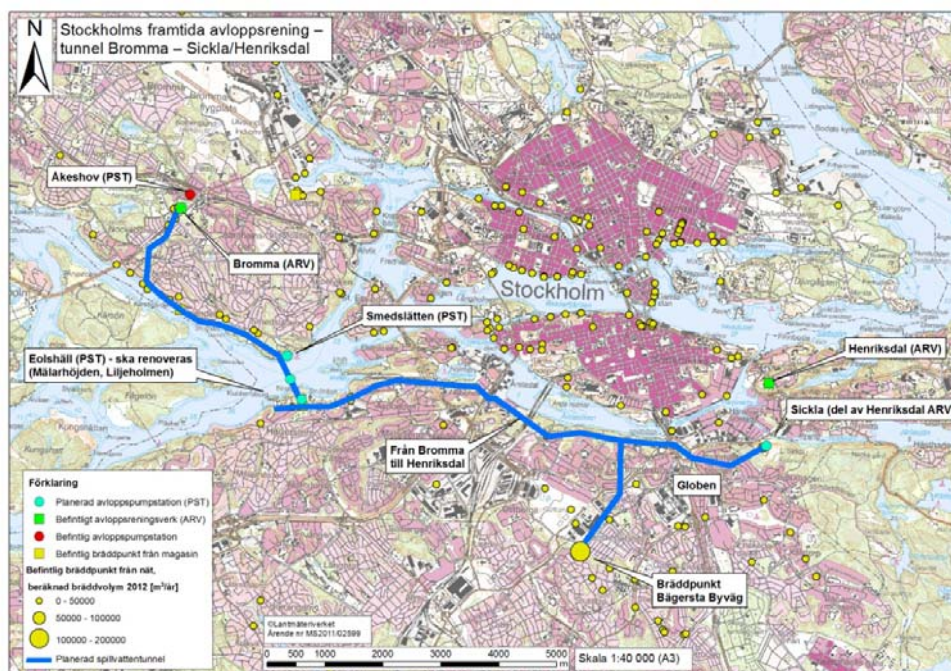
Eftersom tunneln är torr kommer det inte att behövas något "gångbord" i tunneln vid passagen under Mälaren mellan Smedslätten och Eolshäll.

4.6 Sträcknings- och profilbeskrivning.

En ny tunnel ansluts till den befintliga Järvatunneln i Bromma på nivån – 27 m och dras till Henriksdal via Eolshäll under befintliga avloppstunnlar (tunnel under tunnel; TUT) en stor del av sträckan. Avloppsvattnet rinner med självfall ner till en ny pumpstation som anläggs vid Smedslätten. Stationen trycker avloppsvattnet via ledningar från nivån under Mälaren till Eolshäll. Därifrån rinner avloppsvattnet återigen med självfall till en ny pumpstation vid Sickla, som där lyfter upp vattnet till ett första reningssteg, se figur 5.6a.

Möjlighet finns att ansluta en större bräddpunkt, Bägersta byväg, till den nya tunneln i närheten av Globenområdet. Anslutningen av bräddpunkt Bägersta Byväg ingår i investeringskostnaden för projektet.

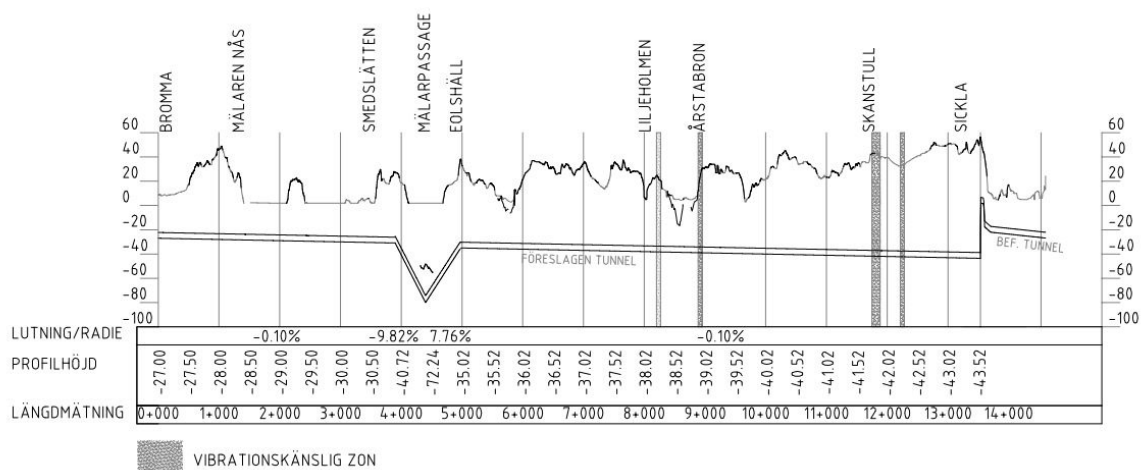
Dessutom kan ett antal befintliga pumpstationer med bräddavlopp slopas med vald sträckning.



Figur 5.6.1 Tunnelsträckning i plan

Figur 5.6.2 visar en profil avseende tunnel mellan Bromma ARV och Henriksdals ARV. På sträckan ingår tre större pumpstationer; den första före Mälarpassagen, den andra vid Eolshäll och den tredje i tunneln vid Sickla. (Ingen av dessa pumpstationer finns markerade på profilfiguren.)

Pumpstationen vid Eolshäll är en befintlig pumpstation som byggs om och används för två alternativa ändamål; dels som reserv, ifall tunneln mellan Eolshäll och Sickla exempelvis behöver avlastas vid eventuella reparationer/underhållsarbeten eller vid driftstörningar i Henriksdal, dels som pumpstation för dag- och bräddvatten via ledning till Sickla. En del av avloppsvattnet kan då i första fallet pumpas till SYVABs tunnelsystem och därmed minska bränningsrisken vid Eolshäll.



Figur 5.6.2 . Profil mellan Bromma ARV och Sickla

4.6.1.1 Tunneldrivning

Tunnelsträckning går från Bromma ARV till Eolshäll och sedan österut till Sickla. Förutom Mälarpassagen är detta en sträckning som drivs i urban miljö.

Tabell 4.6.3. Sammanställning av mängder, längder, antal arbetstunnlar och påslag mm.

Tunnel Bromma – Sickla/Henriksdal		Delmängder
Bromma – Eolshäll		5 000 m
Eolshäll - Sickla		8 600 m
Enskedefältet, Bägersta byväg		1 500 m
Totallängd huvudtunnel		15 100 m
Volym bergschakt huvudtunnel, antag 20 m ²	=	327 600 *vfm ³
Antal arbetstunnlar		7 st
Antal fronter från arbetstunnlar		12 st
Totallängd arbetstunnlar		3 250 m
Volym bergschakt arbetstunnlar, antag 25 m ²		80 900 *vfm ³
Antal vertikalschakt		3 st
Volym bergschakt vertikalschakt, antag 2,5 m ²		500 m ³
Total bergschaktvolym, *(vfm ³ = verkligt fasta kbm)		409 000 *vfm ³

För att klara byggtiden med driftsättning i december 2018 behövs 7 arbetstunnlar och maskinparker för att driva totalt 12 fronter. Detta är något som fortfarande är omfattande men bör inte vara omöjligt att få fram. Mycket är beroende på den allmänna byggkonjunkturen, tillgängliga entreprenörer samt upphandlingsformen. En forceringskostnad är medtagen i investeringskostnaden för att möta en högre kostnad för tunneldrivningen.

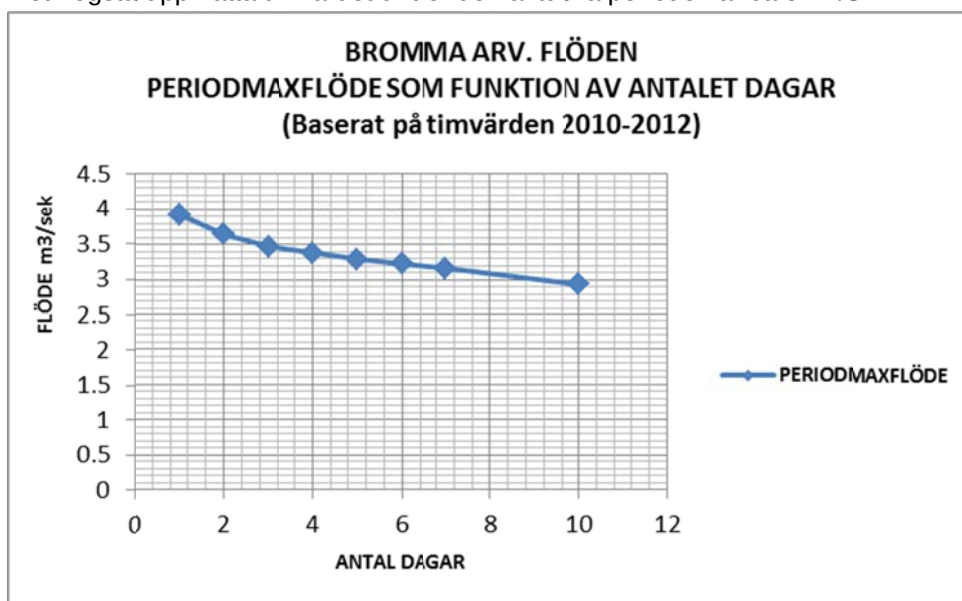
Några av arbetstunnlarna utgår från befintliga påslagslägen och tidigare arbetstunnlar, vilket är en fördel. Detta medför mindre sår i naturen och en naturlig åtkomst till berget. Samtidigt drivs detta projekt i den mest urbana miljön av samtliga alternativ vilket ställer högre krav på den slutgiltiga placeringen utifrån omgivningen, befintliga fastigheter, befintliga anläggningar, exempelvis energibrunnar.

4.7 Hydraulisk funktion, utformning och dimensionering

4.7.1 Bedömning av dimensionerande flöde

Inkommande flöden till Bromma, mätta som timvärden, har analyserats. Högsta medelflöden under 24 timmar är nästan 4 m³/s. Som framgår av följande figur minskar medelflödet ju längre sammanhängande period man beaktar. Exempelvis är medelflödet under en sammanhängande 10-dygnsperiod ca 3 m³/s

Det högsta uppmätta timvärdet under den aktuella perioden är ca 5 m³/s.



Figur 4.7.1. Periodmaxflöde (max medelflöde) som funktion av antal dygn i följd.

Antalet anslutna personer till verket var 316 200 år 2011. SVAB räknar med att antalet personer ökar med 103 800 t o m 2040 till 420 000, d.v.s. ca 40% ökning.

Det genomsnittliga flödet per person är relativt högt och detta värde från nya områden bör bli väsentligt lägre på grund av förbättrad ledningsteknik och resurssnålare utrustning.

Uppräkningen av flöden kommer därför att bli mindre än ökningen av antalet anslutna personer.

Enligt tillgänglig statistik för 2012, vilket var ett nederbördsrikt år, var medelflödet ca 1,6 m³/s. Egentligen saknas data för ca 20 dagar i slutet av december månad men det beräknade värdet kan knappast mer än marginellt skilja sig från det sanna värdet. För 2040 räknas därför med ett medelflöde om 2,0 m³/s och 1,8 m³/s i medeltal under perioden.

Medelflödet under maxdygnet beräknas till 5,2 m³/s.

Utjämningen under dygnet förutsatt ske i tunnarna. Som dimensionerande flöde räknas i fortsättningen 5,2 m³/s från Bromma.

I Eolshäll sker ett flödestillskott från totalt 120 000 personer år 2040 enligt SVAB. Dimensionerande flöde från Eolshäll, exklusive bräddvatten, bedöms vara 1,0 m³/s under maxdygnet 2040.

Dimensionerande flöde från Bromma och Eolshäll blir då 6,2 m³/s exklusive bräddvatten.

Flödena är av sådan storleksordning att det endast bedöms vara aktuellt med tunnallösningar för att lösa transportbehoven.

Lämplig tunnallösning bedöms vara sprängd bergtunnel. Minsta lutning för bergtunnel har antagits till 1 promille, d.v.s. 1 m per kilometer bergtunnel. En sprängd bergtunnel har bedömts utifrån produktionstekniska skäl medföra en tvärsnittsarea på minst ca 20 m². Detta innebär att hydrauliskt är kapaciteten kraftigt överstigande dimensionerande flödesmängder.

Transportsystemet har följande nya huvuddelar i flödesriktningen:

- Anslutning i Bromma (Åkeshov) till den befintliga Järvatunneln. Den befintliga pumpstationen avvecklas.
- Tunnel mellan Bromma och Smedslätten
- Pumpstation vid Smedslätten före Mälarpassagen
- Tunnel med tre monterade ledningar, diameter 1 400 mm under Mälaren mellan Smedslätten och befintlig pumpstation i Eolshäll. En ledning utgör reserv.
- Modifiering av befintlig pumpstation i Eolshäll
- Ombyggnad av klack mm i befintlig spillvattentunnel vid Sättra
- Tunnel mellan pumpstation i Eolshäll och Sickla.
- Anslutning Bäckersta Byväg bräddpunkt
- Pumpstation vid Sickla (Ingår i Reningsverk)
- Ledning i tunnel för bräddvatten mellan Eolshäll och Sickla (*Ingår i bolagets ordinarie kostnadsramar d.v.s. ingår ej i tunnelprojektets investeringskostnad*)

Dessa huvuddelar beskrivs närmare nedan samt motiv ges för utformningen av föreslaget transportsystem.

Järvatunnelns pumpstation avvecklas och Järvatunneln förlängs mot Mälarpassagen.

Tunneln mellan Bromma och Smedslätten får, som nämnts tidigare, en tvärsnittsarea om ca 20 m² av produktionstekniska skäl. Lutningen blir minst 1 promille. Tunnelbotten blir betongklädd.

På tunnelns ena sida finns ett 1 m brett gångbord av betong beläget 1,5 m över tunnelns djupaste del. Av arbetsmiljö- och drifttekniska skäl är det en fördel om gångbordet inte översvämmas mer än i extrema fall och helst inte alls.

Före Mälarpassagen anläggs en ny pumpstation. Syftet är garantera en självrensningshastighet i rören mellan Smedslätten och Eolshäll. Stationen utrustas med pumpar och regelbundet magasineras en viss mängd vatten i tunneln uppströms, så att tillräckligt stort flöde kan pumpas några gånger per dag. Stationen förses med en reservpump. Pumparna installeras i ett torrt utrymme. Möjlighet skall finnas för slam- och sandsugning.

Om strömavbrott inträffar kommer vattnet att stiga uppströms tills vattnet når en sådan nivå att det kommer att tryckas genom pumparna och sedan via rören till utsläppspunkten i tunneln i Eolshäll. Ett bypass-rör finns dessutom installerat, ifall flödet skulle vara så stort att genomloppet i pumparna är otillräckligt. Om det skulle bli ett totalhaveri i Mälarpassagen (tunneln rasar ihop), vilket är ytterst osannolikt, kommer vattnet att brädda genom någon av de befintliga utloppstunnlarna vid Källviken.

Om något tryckrör går sönder finns ett reservrör som kan användas.

Rören mellan Smedslätten och Eolshäll förutsätts få en diameter på ca 1,4 m. Två rör räcker till för att avleda det dimensionerande flödet. Ytterligare ett rör med samma diameter installeras som reserv.

Inläckande vatten i tunneln tas om hand i en mindre pumpstation i tunnelns lågpunkt. Pumpsumpen görs så stor att den kan ta emot läckvatten under ca två dygn i händelse av strömavbrott så att driftpersonalen inte måste åka ut omedelbart, utan har möjlighet att planera sitt arbete. Pumpen förses med två pumpar varav en är reserv. Pumparna styrs på nivå.

Tunneln mellan Eolshäll och Sickla får samma utformning som mellan Bromma och Smedslätten. Eventuellt kommer tunneln att få ett något större tvärsnitt sista delen av sträckan.

Hydrauliskt sett blir det inga problem att avleda den dimensionerade vattenmängden, eftersom tunneltvärsnittet är så stort. Det är heller inga problem att ansluta bräddpunkter, t ex Bägersta Byväg, till tunneln.

Tunnelns livslängd skall vara minst 100 år och därför är det positivt att ha en stor överkapacitet för förhållandena omedelbart efter år 2040.

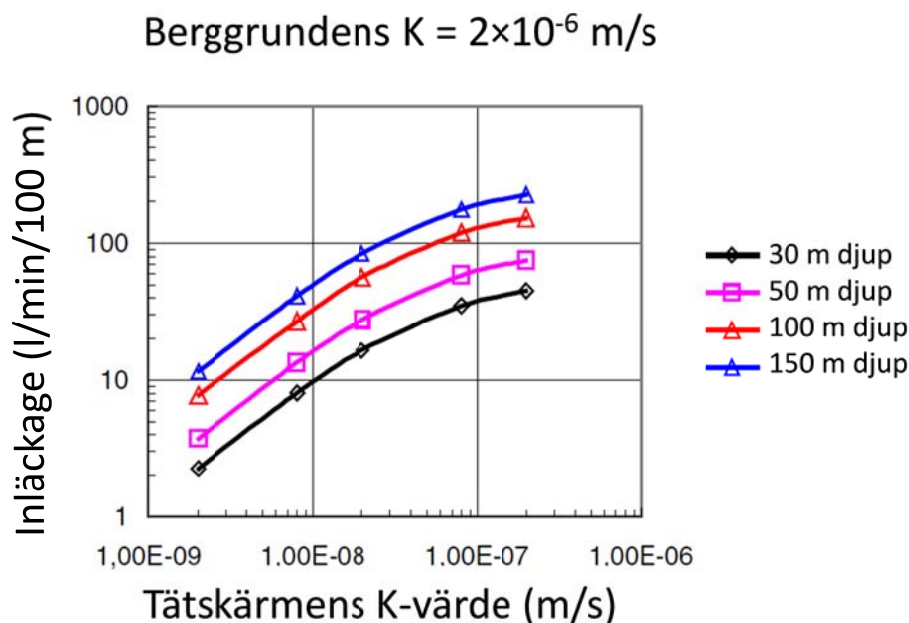
Pumpstationerna i Åkeslund, Bromma-Mälarmagasinet samt i Järvatunneln kan avvecklas. Samma gäller pumpstationerna i Örnberg, Liljeholmstorget (Årstadal) och sannolikt en eller flera av stationerna Källviken, Högländet, Ålsten, Solviksdal och Bergvik.

4.8 Inläckage av grundvatten till tunnelanläggningen

4.8.1 Allmänt

Grundvatteninläckagets storlek, för en icke tätad, tunnel är beroende av förekomst och egenskaper av sprickor/spricksystem, berget (och/eller jordlagrens) hydrauliska konduktivitet (K [m/s]), grundvattentrycket och tunnelns area. Bergets hydrauliska

konduktivitet är beroende av förekomst och egenskaper av sprickor/-system, som för Stockholmsområdet kan förväntas variera mellan 10^{-9} – 10^{-6} m/s. För en cementinjekterad tunnel blir tätskärmen styrande för inläckaget, så länge tätskärmen är tätare än berget, istället för bergets hydrauliska konduktivitet. Vid tunnelbyggande mäts vanligtvis inläckaget som l/100 m × min. Figuren nedan visar hur inläckaget varierar med tätskärmens hydrauliska konduktivitet (genomsläpplighet) och tunnelns djup (eg. grundvattentryck i detta exempel) vid en genomsnittlig hydraulisk konduktivitet för ett berg om 2×10^{-6} m/s (Statens Vegvesen 2003, Publikasjon nr. 103).



Figur 4.8.1 Inläckagets variation givet olika täthet på tätskärm och tunneldjup (efter Statens Vegvesen 2003).

4.8.2 Förebyggande åtgärder påverkan på grundvattennivåer och följeffekter

Det finns ett flertal olika skyddsåtgärder som brukar användas för att minska den påverkan på grundvattennivåer som anläggningen kan innebära samt att avhjälpa konsekvenserna av denna påverkan.

4.8.2.1 Tätning av tunneln

Tätning av tunnelanläggningar i Stockholmsregionens berggrund görs oftast genom förinjektering, vilket innebär att man via ett flertal borrhål i tunnelfronten trycker ut cementbaserat injekteringsbruk i bergets sprickor. Detta görs innan man borrar och spränger ut bergmassorna i nästkommande 3-4 tunnelsalvor. Oftast utförs täthetstester genom s.k. vattenförlustmätningar i sonderingsborrhål i tunnelfronten för att kunna bedöma bergets täthet och planera. Efterinjektering används normalt endast för kortare sektioner som konstaterats behöva kompletterande tätning där exempelvis eventuella funktions- eller injekteringskrav inte uppnåtts.

Lining, tät inklädnad, innebär att man bygger upp ett oftast cirkulärt vattentätt skal av betongelement i tunneln. Metoden brukar, med fördel, användas i samband med TBM-

borrning om kravbilden gällande inläckage är mycket stor. I Stockholmsområdet är inte lining en kontinuerlig metod utan används för speciella sträckor eller insatser. Metoden skall inte förväxlas med den inklädnad med tunnelduk som ofta görs i moderna tunnlar. Syftet med tunnelduk är att skydda installationer från dropp och minskar inte inläckaget som sådant.

4.8.2.2 Skyddsinfiltration

Trots tätning är visst inläckage till bergtunnlarna oundvikligt. För att upprätthålla grundvattennivåerna i områden med grundvattenberoende grundläggning (dvs. trägrundläggning eller grundläggning av hela byggnader eller endast källargolv på lera som är känslig för grundvattennivåsänkning) kan s.k. skyddsinfiltration användas. Skyddsinfiltration är en i Stockholmsområdet väl beprövad metod som kan användas för att hålla uppe nivåer lokalt kring enskilda byggnaders trägrundläggning, eller för att upprätthålla grundvattennivåer inom större områden i undre magasin för att undvika sättningar.

Infiltrationen kan göras temporärt, i samband med t.ex. temporära avsänkningar kring öppna schakter under byggtiden, eller permanent.

Infiltration som skyddsåtgärd kan vara förknippad med vissa nackdelar beroende på förhållanden i aktuellt grundvattenmagasin. I vissa fall behövs relativt många infiltrationsbrunnar för att kunna infiltrera den mängd vatten som behövs. Det finns också en risk att grundvattenytan lokalt kring infiltrationsbrunnar höjs så mycket att vatteninträngning i närbelägna källare sker. Ofta väljer man att infiltrera vatten från kommunalt dricksvattnenät snarare än det vatten man leder bort från tunneln. Detta beror på att återinfiltration av länshållningsvatten brukar ställa högre krav på förbehandling av vattnet och underhåll av brunnar. I det fall infiltrationen görs permanent får också vattenförbrukningen som kan vara omfattande betraktas som en nackdel. Vid vissa speciella geotekniska förhållanden kan också infiltration öka risken för skred.

4.8.2.3 Grundförstärkning och borbekämpning

Om sannolikheten för skadliga sättningar bedöms hög, eller konsekvenserna oacceptabla kan grundförstärkning av särskilt känsliga eller värdefulla byggnader vara ett alternativ. Grundförstärkning innebär att man förbättrar byggnadens grundkonstruktion. I vissa fall går det att utföra arbetet från byggnadens källare och ibland krävs mer omfattande schaktning utanför byggnaden. Grundförstärkning är resurs- och kostnadskrävande och används normalt inte som avhjälpanne åtgärd i större omfattning. Grundförstärkning eller omläggning av ledningar kan också genomföras.

I de fall träpålar är i gott skick men en avsänkning av grundvattennivå inte kan undvikas kan borbekämpning eller motsvarande vara ett alternativ. Det innebär att träpålarna på kemisk väg skyddas mot mikrobiologisk nedbrytning.

4.8.3 **Förväntat inläckage**

Vid injektering i berg i Stockholmsområdet är det rimligt att räkna med att uppnå en hydraulisk konduktivitet för tätskärmen om ca 10^{-8} m/s, vilket resulterar i ett inläckage om ca 10 l/100 m × min för det aktuella tunneldjupet (ca 20-40 m). Om extra insatser sätts in kan man nå ca 5×10^{-9} m/s eller lägre vilket skulle resultera i ett inläckage om ca 3-5 l/100 m × min. Kostnaden för cementinjekteringen kan förväntas fördubblas för att nå en hydraulisk konduktivitet om 5×10^{-9} m/s (ca 3-5 l/100 m × min) för tätskärmen. För denna linjesträckning skulle det högre ställda inläckagekravet, för hela sträckan, innebära en

ytterligare kostnad om ca 63 Mkr. För mycket sättningskänsliga områden kan inläckagets storlek behöva begränsas ytterligare vilket i så fall genomförs med s.k. betonglining.

4.8.4 Kostnader för att pumpa och behandla inläckande grundvatten

För den aktuella tunneln behöver det inläckande grundvattnet pumpas till avloppsreningsverket varför flödets storlek bör sättas i relation till dessa båda kostnader för hantering vid avloppsreningsverket och energibehov för pumpning. Ett inläckage om 10 l/min×100 m och en tunnelsträckning om ca 15-20 km resulterar i ett tillskott om ca 25-33 l/s grundvatten till flödet, ca 0,6-0,8 % av det totala flödet 4 m³/s.

Då det inläckande grundvattnet endast innehåller mycket låga halter kväve och fosfor kommer inga extra kemikalier användas vid avloppsreningsverket varför rening av det tillkommande vattnet är i det närmaste försumbart. Kostnaden för att pumpa upp/lyfta det inläckande grundvattnet kommer utgöra maximalt 0,6-0,8 % av denna totala kostnad.

För delsträckan Mälarpassagen, med ledning i tunnel, kommer inläckande grundvatten ansamlas i lågpunkten varifrån det kan pumpas direkt till recipienten. Detta vatten kommer således inte behöva ledas till avloppsreningsverket.

Utifrån ovanstående resonemang bedöms kostnaderna för pumpning och rening av inläckande grundvatten inte vara styrande för vilka krav som skall ställas på inläckaget. Styrande för inläckagekraven blir istället i kommande miljökrav vid tillståndsansökan för vattenverksamhet.

4.9 Val av tunneldrivningsteknik och tunneltvärnsnitt för planerade tunnlar

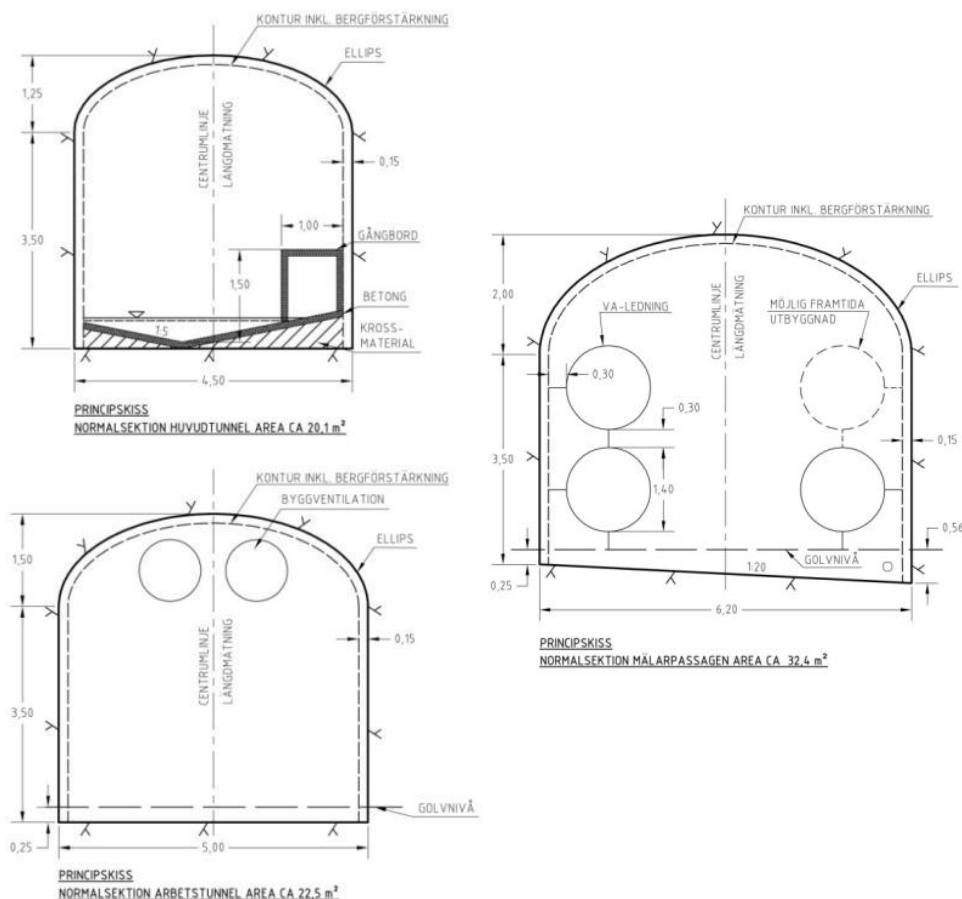
Vid val av drivningsteknik för denna typ av tunnel, tunnelstorlek och tunnellängd ges två möjligheter. Drivning med Tunnel Boring Machines, TBM eller med konventionell utrustning d.v.s. med borrar och sprängning.

För denna sträckning är det dimensionerande långsiktiga maxflöde <8 m³/s. Utöver detta finns behov för inspektion från ett s.k. gångbord som skall kunna användas vid medelflöden, men som vid höga flöden kommer den att översvämmas. Tunneltvärnsnittet kommer lokalt även behöva utvidgas där berget behöver förstärkas utöver en normal förstärkning, med exempelvis lining. Utvidgningen görs för att det slutgiltiga innermåttet inte skall förändras. Lining kan komma att behövas under passagen av Mälaren för att minimera inträngande sjövattnet. Lining kan också komma att krävas där syftet är att helt utestänga från inträngande grundvatten pga. eventuella miljökrav.

För en TBM tunnel skulle dessa dimensionerande förutsättningar innebära en cirkulär tunnel med diametern ca 5–6 m, d.v.s. mellan 20–28 m². Valet skulle säkert bli konservativt närmare diametern 6 m, för att ta höjd för de trånga sektionerna, då tekniken inte medger att göra variationer i tvärsnittet utmed tunneln. Drivningshastigheten för en öppen TBM ligger uppskattningsvis ca 4-5 ggr snabbare än konventionell drivning, d.v.s. ca 20 m/dygn eller 100 m/vecka. Att utföra kontinuerlig förinjektering från en TBM är komplicerat då det är trångt och mycket svårt att injektera en hel skärm runt, varför det inte är att förorda.

Med en konventionell drivningsteknik och maskinpark ligger minsta tunneltvärnsnitt mellan ca 15-20 m², då förutsätts inga specialbyggda maskiner. Utifrån erfarenheter i pågående projekt bedöms en area för huvudtunneln vara kring 20 m² och arbetstunnlarna kring 25 m², se figur 4.9.1. Drivningshastigheten med borrar och sprängning ligger på ca 5 m/dygn eller 25 m/vecka/front vilket ger 40-50 m/vecka/maskinpark. Vid konventionell drivning finns det samtidigt möjligheter till variationer i tvärsnittet. Tvärsnittet under

Mälaren höjs exempelvis lokalt då avloppsvattnet leds i två ledningar med en ytterligare ledning som redundant, alla med diametern 1,4 m. Botten av tunneln består av betong som lutar inåt från väggarna med en minsta lutning av 1:5.



Figur 4.9.1 Tunneltvärsnitt för arbetstunnel, huvudtunnel och passage under Mälaren

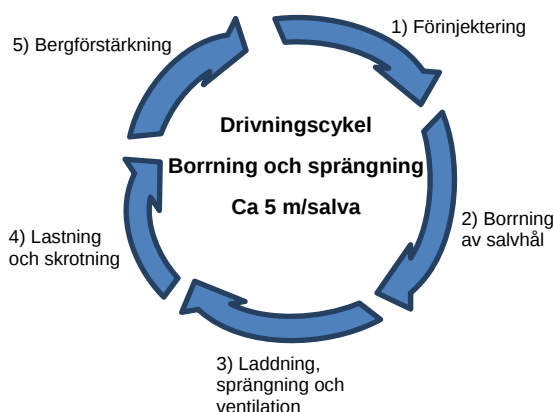
Investeringen av en TBM är ganska hög och tillverkas efter beställning om projektet inte kommer över en begagnad maskin. För detta projekt skulle det kanske vara optimalt med 1-2 maskiner. Stockholm Vatten och projektet har dock en väldigt pressad tidplan vilket innebär att det skulle ta för lång tid att driva tunnelarna med två TBM riggar, då inberäknat tiden från beställningen av maskinerna.

För en konventionellt driven tunnel har för att klara tidplanen bedömts att varje tunnelfront kan drivas maximalt 1 300 m. Det innebär att varje arbetstunnel och maskinpark skall driva ca 2 600 m huvudtunnel. Utöver detta ligger drivningen av själva arbetstunneln.

I denna utredning, utifrån de förutsättningarna på tunnellängder och tider, har valts en drivningsmetod med konventionell drivning med borring och sprängning. Detta kan naturligtvis komma att förändras om det finns nya förutsättningar som pekar på andra fördelar.

4.9.1 Drivningsmoment med konventionell tunneldrivning

Tunneldrivning med konventionell metod, d.v.s. med borrhning och sprängning är den i Sverige mest vanligt förekommande drivningsmetoden. Drivningen kan delas in i följande moment, se figur 4.9.2.



Figur 4.9.2. Drivningscykel med konventionell teknik, borrhning och sprängning. Förinjekteringen utförs ca var 3-4:e cykel om längder på 20-25 m.

Första momentet i en drivningscykel är förinjektering som normalt görs kontinuerligt, d.v.s. utförs efter en tunnels hela längd. Förinjekteringen utförs för att tätta det närmast omgivande bergets sprickor med cement som står i kontakt med omgivande grundvatten för att på detta sätt minimera det inläckande vattnet till tunneln. En förinjektering utförs från ett antal ca 20-25 m långa borrhål framför tunnelfronten där cementen trycks ut i bergets sprickor. Då injekteringshålen är längre än varje salvlängd på ca 5 m ingår förinjekteringen normalt i var 3-4:e cykel för tunneldrivning, se figur 4.9.2. Innan salvborrhning påbörjas utförs normalt en kontroll av utförd injektering som avgör om resultatet på täthet uppnåtts. Omfattningen på injekteringen bestäms under kommande projektering där hänsyn skall tas till funktion och bedömning av påverkan av grundvattennivåer. Krav och omfattning brukar i urbana miljöer oftast fastslås i en miljöprovning för vattenverksamhet.

Andra momentet blir att borra salvhålen. Dessa är omkring 5 m långa för avsedd tunnelarea, d.v.s. salvlängden är 5 m. Hålen laddas med sprängämne antingen patronerat eller med emulsion. Efter sprängning ventileras tunneln ut från spränggaser innan lastning påbörjas. När lastningen slutförs utförs en skrotning av berget som avser att löst berg knackas eller bryts ner. Detta för att säkerställa arbetsmiljön innan bergförstärkning utförs. Det sista momentet i drivningscykeln är bergförstärkning som normalt utförs med bultar och sprutbetong i varierande omfattning. Vid tunneldrivning i extremt dåligt berg kan t ex en betongkonstruktion, en s.k. betonglining, gjutas som skall bära upp berget.

5 Identifiering av miljökonsekvenser och tillståndsbehov

I det följande kapitlet har huvudsakliga miljökonsekvenser identifierats, liksom potentiella konfliktpunkter, längs med respektive delsträckor.

5.1 Naturmiljö

Den potentiella inverkan på naturmiljön som den aktuella tunneln kan komma att ha presenteras här i form av en översiktlig genomgång av möjliga konfliktpunkter för respektive delsträckning. Dessa har identifierats utifrån de i nuläget givna förutsättningarna och pekar därför på omständigheter att ta hänsyn till och aspekter som kräver vidare utredning och klargöranden (t.ex. påverkansområden för grundvattensänkningar), snarare än de ger en precis bild av naturmiljökonsekvenserna. Generellt förutsätts för nedanstående en påverkan både i bygg- och driftskedet och de tydligast inverkanseffekterna att hantera ur ett naturmiljöperspektiv är direkta ingrepp på marknivå (påslag, ev. arbetstunnlar etc.) samt potentiella grundvattensänkningar och effekterna av dessa.

Riksintressen för naturvård

Naturvårdsverket samarbetar med länsstyrelser och kommuner i urvalet av *riksintressen för naturvård*. Dessa områden skall representera huvuddragen i svensk natur och visa på mångfalden i landskapstyper, naturtyper och andra för riket karakteristiska naturvärden. Riksintressena skall enligt Miljöbalken så långt som möjligt skyddas mot åtgärder som kan påtagligt skada naturmiljön.

Det generella begreppet riksintresse pekar på att särskild hänsyn skall tas till dessa områden vid all planläggning och vid beslut gällande mark- och vattenanvändande. Riksintressena får inte påtagligt ta skada av ändrade förutsättningar i sådana sammanhang.

Naturresevat

Naturresevat är skyddade områden av betydelse för faunan, floran eller människan alternativt områden av särskilt geologiskt intresse. Initiativet till bildandet av ett naturresevat kan komma från olika håll, men ofta ser processen sådan ut att Länsstyrelsen i något skede genomför inventeringar och samråder med Naturvårdsverket innan beslut omkring eventuellt skydd tas. Kommunerna kan numera själva bilda resevat, men det är som regel Länsstyrelsen som är beslutande organ och som sedan också kommer att fungera som högste förvaltare. Naturresevaten är unika och har egna föreskrifter för bevarandet av naturvärden, men ofta föreskrivs t.ex. förbud mot att förstöra eller skada berg, jord eller sten genom att borra, hacka, spränga o.s.v. Naturresevat kan i enlighet med Miljöbalken bildas för att:

- bevara biologisk mångfald
- vårda och bevara värdefulla naturmiljöer
- tillgodose behov av områden för friluftslivet
- skydda, återställa eller nyskapa värdefulla naturmiljöer
- skydda, återställa eller nyskapa livsmiljöer för skyddsvärda arter

Natura 2000-områden

Natura 2000 är ett europeiskt nätverk av skyddade områden syftande till att hejda utrotningen av arter och livsmiljöer. Urvalet representerar därmed värdefulla naturområden med arter eller naturtyper som anses särskilt värda skydd ur ett europeiskt perspektiv. Bland Sveriges ca 4000 Natura 2000-områden finns det många som också är

naturreservat eller nationalpark och samtliga Natura 2000-områden är enligt miljöbalken utpekade riksintressen, se ovan.

5.1.1 Bromma – Eolshäll

Förekommande områden av särskilt naturvärde är koncentrerade till sträckningens första kilometer, se figur Figur 5.1.1. Det handlar om Naturreservatet och Natura 2000-området *Judarskogen* samt om Riksintresset för naturvård *Bromma De Geermorän-system*, som till del ingår i naturreservatet och vars skydd är ett av ändamålen med detsamma. När det gäller Judarskogen i stort kan risken antas vara mycket liten för påverkan på de områden som omfattas av reservatet. De Geer-moränssystemen breder emellertid ut sig också över områden som inte ingår i naturreservatet, men som ligger i eller alldeles i anslutning till sträckningen. Med tanke på att moränryggar med mellanliggande områden, flyttblock m.m. anses vara av mycket stort vetenskapligt och pedagogiskt värde och att "... ingrepp såsom ... anläggningar, upplag, schaktning kan skada områdets naturvärden..." bör stor hänsyn tas till riksintresset, särskilt i samband med eventuella ovanjordsarbeten.

Till stor del löper sträckningen inom *Riksintresse Mälaren med öar och strandområden*. Det innebär bl.a. särskilda bestämmelser för hushållning med mark och vatten och därigenom skydd av värden för turist- och friluftsliv.



Figur 5.1.1. Riksintressen och naturreservat lagrade på stadsmuseets karta över kulturhistorisk klassificering, Bromma (för teckenförklaring/färger hänvisas till texten)

5.1.2 Eolshäll – Sickla/Henriksdal

Alldeles i alternativdragningens slut, vid Sickla kanal, tangeras de nordvästligaste delarna av *Nackareservatet*, som än så länge är det enda Naturreservatet att ta hänsyn till längs sträckningen. Arbetet med att inrätta ett naturreservat i Årstaviken med Årstaskogen och Årsta holmar pågår dock, varför särskild hänsyn förordas också i de delar av sträckningen som i så fall kan komma att beröras; detta alldeles oavsett vilket skede processen är i vid en eventuell byggstart.

Generellt är det i samband med ovanjordsarbeten, ev. påslag etc. som omsorgen om skyddsvärdena särskilt skall beaktas, men möjligen kan exempelvis påverkan på torvområdena vid Sickla kanal också behöva ingå i en vidare analys av grundvattensänkningen; detta trots att det troligen kommer att röra sig om en tunnel under tunnel.

5.1.3 Anslutning mot Bägersta byväg

Exakt dragning och utformning av den till huvudsträckningen anslutande grenen från Bägersta byväg är inte klarlagda, men i naturvårdshanderingen längs sträckningen kan de nordligaste områdena och anslutning mot huvudtunneln förväntas bli högst prioriterade. Detta med hänsyn till det blivande naturreservatet i Årstaskogen (se ovan).

5.2 Kulturmiljö

Den potentiella inverkan på kulturmiljön som den aktuella tunneln kan komma att ha presenteras här i form av en översiktlig genomgång av möjliga konfliktpunkter för respektive delsträckning. Dessa har identifierats utifrån de i nuläget givna förutsättningarna och pekar därför på omständigheter att ta hänsyn till och aspekter som kräver vidare utredning och klargöranden (t.ex. påverkansområden för grundvattensänkningar), snarare än de ger en precis bild av kulturmiljökonsekvenserna för respektive alternativ. Generellt förutsätts för nedanstående en påverkan både i bygg- och driftskedet och de tydligast inverkanse aktiviteterna att hantera ur ett kulturmiljöperspektiv är direkta ingrepp på marknivå (påslag, ev. arbetstunnlar etc.) samt potentiella grundvattensänkningar och effekterna av dessa.

Riksintressen

Områden med ett kulturhistoriskt värde av nationell betydelse kan i enlighet med Miljöbalken utnämnas till s.k. *Riksintressen för Kulturmiljövården*. Dessa representerar som urval de skiftande idealen och förutsättningarna för olika epoker och anses i och med det spegla landets historia från forntid till nutid.

Det generella begreppet riksintresse pekar på att särskild hänsyn skall tas till dessa områden vid all planläggning och vid beslut gällande mark- och vattenanvändande. Riksintressena får inte påtagligt ta skada av ändrade förutsättningar i sådana sammanhang.

Fornlämningar

Fornlämningar är boplatser, gravfält, gruvor, medeltida kulturlager och annat som utgör spår av mänsklig verksamhet. Fasta fornlämningar omfattas av Lagen om kulturminnen, som skyddar dem från förändring, borttagande, skada eller övertäckning utan särskilt tillstånd. De ägs av den som äger marken, men tillstånd för markningrepp krävs också för

markägare. Tillsynen sköts av respektive Länsstyrelse samtidigt som Riksantikvarieämbetet har s.k. överinseende av kulturminnesvården på nationell nivå.

Byggnadsminnen

Byggnadsminnen är byggnader, miljöer eller anläggningar av särskilt kulturhistoriskt värde. Skyddet syftar till att bevara historiska spår som bidrar till förståelsen av dagens och framtidens samhälle och som bibehållna också säkrar ett bestående kulturarv. Det finns två typer av byggnadsminnen, enskilda byggnadsminnen och statliga byggnadsminnen, och för att reglera tillvaratagandet av det kulturhistoriska värdet fastställs särskilda skyddsbestämmelser för varje objekt. De enskilda byggnadsminnena skyddas av Kulturminneslagen och utses av länsstyrelserna, som också har ansvaret för tillsyn och prövning av tillståndsfrågor vid åtgärder som strider mot de särskilda skyddsbestämmelserna.

Kulturhistorisk klassning

Stockholms stadsmuseum och särskilt stadsantikvariern ansvarar för att peka ut och definiera kulturhistoriskt värdefull bebyggelse i Stockholms stad. Stadsmuseet har själva utarbetat en klassificeringsmetod, med vilken områden kan ringas in som särskilt kulturhistoriskt värdefulla och med vilken fastigheter klassas utifrån bebyggelsens kulturhistoriska värde i fyra nivåer enligt nedan. Klassificeringen kan sedan användas bl.a. i samband med detaljplanering och bygglovsprövning.

Blått är den högsta klassen och omfattar synnerligen kulturhistoriskt värdefull bebyggelse som motsvarar fordringarna för byggnadsminnen i kulturminneslagen.

Grön klassning innebär också ett högt kulturhistoriskt värde och betyder att bebyggelsen är särskilt värdefull från historisk, kulturhistorisk, miljömässig eller konstnärlig synpunkt.

Gult är den tredje nivån som används vid klassificering. Gult innebär att bebyggelsen har positiv betydelse för stadsbilden och/eller har ett visst kulturhistoriskt värde.

Grå klassning tilldelas fastigheter med bebyggelse som inte går att hänföra till de övriga klassificeringskategorierna.

5.2.1 Bromma – Eolshäll

I närheten av sträckningen finns två Riksintressen för kulturmiljövård. Det ena, *Olovslunds Egnahems miljö*, ligger inte långt från Bromma ARV men utanför det troliga påverkansområdet. Det andra, *Ålstensgatan* på Smedslätten, är förlagt på ett lerområde i anslutning till sträckningen. Detta faktum, i kombination med de sätt på vilka många av husen i området grundlagts (se vidare avsnitt 5.4), gör att särskild hänsyn bör tas till riksintresset, bl.a. vid en fortsatt analys av sättningspåverkan.

Enstaka fornlämningar återfinns längs sträckningen, särskilt i *Ålstensskogen*. Dessa bör tas i beaktande, särskilt vid planläggning av påslag och andra eventuella arbeten ovan jord.

Det finns inga byggnadsminnesförklarade byggnader eller bebyggelsemiljöer längs eller i anslutning till sträckningen.

Sträckningen löper i stora stycken över områden som enligt Stockholms Stadsmuseums Kulturhistoriska klassificering generellt anses vara *Kulturhistoriskt värdefulla*, inramade med grön ram i figur 5.1.1. I Åkeshov och Nockeby finns utbredd gulmärkt bebyggelse

enligt definitionen ovan och dessutom inslag av bebyggelse med grön märkning. De enstaka fastigheter i området där bebyggelsen har ett kulturhistoriskt värde som är blåmärkt och alltså "motsvarar fordringarna för byggnadsminne i kulturminneslagen" får anses ligga utanför påverkansområdet.

5.2.2 Eolshäll – Sickla/Henriksdal

De Riksintressen för kulturmiljövård (Gröndal, LM-staden Midsommarkransen samt Årsta centrum) som återfinns närmast sträckningen får anses ligga utanför troligt påverkansområde.

Ett antal fornlämningar förekommer längs sträckningen, särskilt vid Nybodahöjden, Årsta gård samt Hammarby. Dessa bör tas i beaktande vid planläggning av påslag och andra eventuella arbeten ovan jord m.m.

Tre byggnadsminnen ligger i eller i nära anslutning till sträckningen: *Årstabron*, *Sankt Sigfrids kyrka* i Aspudden samt *Svavelsyrefabriken* i Vinterviken. Särskilt i fråga om det sistnämnda – som ligger oklart grundlagt på ett lerområde inte långt från sträckningen – bör särskild hänsyn tas, bl.a. vid fortsatt analys av sättningspåverkan.

Sträckningen passerar genom eller alldeles nära flera områden som enligt den Kulturhistoriska klassificeringen klassats som generellt *Kulturhistoriskt värdefulla*. Det gäller *Eolshäll-Klubbensborg*, *Vinterviken*, *Årsta gård*, *Hammarbyhöjden* samt flera av *koloniområdena* vid Årstaviken. Förutom redan nämnda byggnadsminnen återfinns i eller i närheten av sträckningen också ytterligare ett antal fastigheter som "... motsvarar fordringarna..." enligt ovan. Det gäller *Hägerstens gård*, *Årsta gård*, *Skanskvärn*, *Skansbacken* samt en samling fastigheter i *Hammarbyhöjden*. Dessa bör särskilt beaktas, bl.a. i samband med planläggning av påslag samt i fortsatt sättningspåverkansanalys. Fastigheter med bebyggelse i övriga två klassningskategorier enligt ovan förekommer också sporadiskt längs sträckningen.

5.2.3 Anslutning mot Bägersta byväg

Inga Riksintressen eller byggnadsminnen ligger inom eller invid de områden som kan förväntas vara aktuella för anslutningens dragning. Däremot är det troligt att sträckningen kan komma att dras genom eller alldeles nära flera områden som enligt den Kulturhistoriska klassificeringen bedömts vara generellt *Kulturhistoriskt värdefulla* samt i anslutning till ett större antal enskilda fastigheter med gul eller grön märkning enligt ovan. Enstaka objekt finns också i området för den potentiella sträckningen som är märkta i den högsta, blå klassen och som bör utredas särskilt med hänsyn till påverkansområdena etc.

I de för stäckningsutredningen aktuella områdena förekommer också ett mindre antal fornlämningar att ta särskild hänsyn till.

5.3 Grundvattenrelaterad miljöpåverkan

Bergtunnlar och andra otäta undermarksanläggningar är dränerande och förändrar grundvattenbalansen, med risk för grundvattennivåsänkning och omgivningspåverkan som följd. Vid större inläckage, som pumpas bort, uppstår permanenta grundvattenavsänkningar. Trots tätning är inläckage till tunnlar oundviklig.

Samspelet mellan grundvatten, berggrund, jordlager och undermarksanläggningar kan vara känsligt och ett oförsiktigt hanterande i byggskedet kan resultera i skador. Sättningar och påverkan på t.ex. träpålar samt skador på vatten- och energibrunnar och vattenförekomster är några viktiga potentiella skador att beakta. Samtidigt kan vissa

sträckor och områden vara mindre känsliga för dränering och avsänkning av grundvattennivån. Grundvattenavsänkningen varierar kraftigt i utbredning beroende av de hydrogeologiska förhållanden, t.ex. sprickzoners utbredning.

Påverkan på grundvattennivåer i jord är allmänt sett förknippat med större risker än påverkan på grundvatten i berg.

Utöver huvudtunnel kommer ett flertal påslag och arbetstunnlar att anläggas vilka kommer förläggas i berg, men sannolikt kommer mer eller mindre omfattande schakter i jord att behöva utföras på olika platser längs sträckningen.

Grundvatten kommer att läcka in till de anläggningsdelar som ligger under grundvattenytan, vilket gäller merparten av den planerade anläggningen. Under byggskedet kommer det inläckande vattnet att ledas till recipienten via dagvattennätet. Inläckande vatten under driftskedet kommer att blandas med det fritt gående avloppsvattnet i tunneln till avloppsreningsverket.

För att förhindra skador på omgivning till följd av en tunnelkonstruktion tätas tunneln till en nivå där inläckaget inte bedöms medföra negativ påverkan på omgivningen, vilket regleras i kommande tillstånd om vattenverksamhet, 11 kap. miljöbalken. Vid problematiska sträckor och områden kan en helt tät konstruktion byggas, alternativt så kan skyddsinfiltration till grundvattenmagasinet utföras. Infiltration är dock något man normalt försöker undvika, pga. de kontinuerliga driftkostnaderna. Ett kontrollprogram upprättas där prognostiserande grundvattennivåer följs under anläggnings- och driftperioden. Behov av skyddsinfiltration bör utredas men för driftsfasen, när tunneln väl är anlagd, bedöms i dagsläget inte behov föreligga.

Styrande för vilken nivå en tunnel, eller delsträcka av en tunnel, tätas till är miljö-, funktions- och arbetsmiljökrav liksom förutsättningar till tätning (eg. bergets egenskaper och hydrogeologin i området) och kostnader för tätningen. Vid ogynnsamma förutsättningar (t.ex. mycket uppsprucket berg och lite bergövertäckning) och hårda krav (låga inläckagekrav) kan kostnaden för tätningen bli stor och arbetet komplicerat. För samtliga alternativa tunnlar i denna utredning bedöms kostnaderna för pumpning och rening av inläckande grundvatten inte vara styrande för vilka krav som skall ställas på inläckaget.

För att föreslå krav på inläckage och åtgärder för att förebygga omgivningspåverkan vid undermarksbyggande beskrivs därför normalt de hydrogeologiska förhållandena, grundvattenberoende objekt (t.ex. vatten- och energibrunnar, infiltrationsanläggningar), skyddsobjekt (byggnader och konstruktioner) och riskområden (känsliga biotop- och vattenområden liksom sättningsbenägna områden). Det är brukligt att en prognos för grundvattenavsänkningen görs i samband med miljökonsekvensanalys av grundvattennivåavsänkning inför tillståndsansökan om vattenverksamhet (bortledning av grundvatten).

5.3.1 Påverkan på grundvattentrycknivåer i berg

Inflödet av grundvatten (inläckaget) till bergförlagda anläggningar ger upphov till en sänkning av grundvattentrycken i berggrundens spricksystem. Denna trycksänkning breder ut sig bort från anläggningen till jämvikt råder mellan inflödet och nybildningen av grundvatten i det påverkade området.

Utbredningen på en trycknivåsänkning i berg beror på inläckagets storlek samt på hur förekommande sprickor kommunicerar hydrauliskt, dels med berganläggningen, med varandra och med överlagrande jordlager. Ytterligare en faktor som kan spela en viktig

roll är förekomsten av andra dränerande anläggningar. En trycknivåsänkning på stort djup i berget (till följd av exempelvis en djupt förlagd tunnelbana) behöver inte fortplanta sig upp till mer ytnära spricksystem och inte heller till överlagrande jordlager.

Man kan förvänta sig att konduktiviteten i berggrunden minskar med djupet. Visserligen ökar sannolikt trycknivåerna i bergets sprickor med ökande djup, men konduktivitetsens avtagande spelar betydligt större roll för inläckaget, varför inläckaget i en djupt förlagd anläggning generellt troligen är lägre än i en mer ytnära sådan.

5.3.2 Påverkan på grundvattennivåer i jord

Inläckage av grundvatten kommer att ske till anläggningsdelar förlagda i jord (t.ex. påslag och utrymningschakt). Temporär sänkning av grundvattennivå kan också komma att ske i syfte att möjliggöra schaktning i torrhet. Detta kan orsaka sänkta grundvattennivåer i berörda grundvattenmagasin. Hur stor utbredningen av påverkan blir och hur stor avsänkningen blir styrs av jordlagrens hydrauliska konduktivitet, vattenbalansen och hydrauliska ränder.

Positiva hydrauliska ränder är t.ex. angränsande stora grundvattenmagasin eller ytvattenförekomster vars vattennivå inte kan förväntas påverkas av det relativt lilla inflödet till anläggningen. Negativa hydrauliska ränder är begränsningslinjer över vilka inget grundvattenflöde sker, exempelvis tätaskärmar i jord, gräns mellan jord och tätt berg eller mellan jordarter med mkt stor skillnad i konduktivitet. Ytterligare en faktor som kan spela en viktig roll för utbredningen av en påverkan är förekomsten av andra dränerande anläggningar. Grundvattennivåsänkning i jord är i allmänhet mindre än i berg på grund av den större grundvattenbildningen i jord.

Indirekt påverkan som kommer av sänkta grundvattentrycknivåer i berg drabbar undre magasin. För direkt styrs påverkan av vilket magasin som anläggningsdelen ifråga är förlagd i. Beroende på tätheten (konduktivitet och förekomst av punkterande strukturer i form av byggnadskonstruktioner av olika slag etc.) i det lager som skiljer övre och undre magasin kan en långvarig påverkan på undre magasin sprida sig vidare till övre magasin.

Tillfälliga och permanenta konstruktioner i jord kan orsaka förhöjda grundvattennivåer om täta konstruktioner når ner till berget och därmed dämmer upp grundvattenflödet.

5.3.3 Sättningar i organiska jordarter och lera

I den mån organiskt material förekommer i betydande mängd kan en påtaglig grundvattennivåsänkning i övre magasin ge sättningar till följd av mikrobiologisk nedbrytning.

I lerområden formar leran ofta ett lock över undre grundvattenmagasin. Grundvattnets trycknivå kan då ligga uppe i leran. Då leran under lång tid utsatts för detta vattentryck har portrycken i leran anpassat sig. En sänkning av grundvattennivå i undre magasin leder i detta fall till att vatten långsamt dräneras ut lerans porer och portrycket sjunker. Leran anpassar sig till detta genom att komprimeras, vilket ger s.k. konsolideringssättningar. Ett givet lerområdes känslighet för en viss sänkning av grundvattennivå beror på lerans egenskaper, inklusive dess belastningshistorik från eventuella tidigare grundvattennivåsänkningar och normala nivåfluktuationer.

5.3.4 Byggnader, mark och anläggningar

Sättningar i lera i kombination med byggnader grundlagda på lera riskerar att ge sättningsskador på byggnader. Beroende på grundläggningssätt kan skadorna drabba

byggnaderna som helhet eller bara källargolv (om källargolvet utförts som s.k. golv på mark, medan husets stomme är pålad). För det fall byggnader är grundlagda på pålar och påtagliga sättningar sker kan byggnadens servisledningar skadas. Servisledning avser anslutande ledning från huvudledning i gata in till byggnaden. Grundvattennivån i det övre grundvattenmagasinet har en viktig funktion för trägrundlagda (träpålar/rustbäddar) byggnader och i förekommande fall ledningar genom att vattnet skyddar träet mot luftens syre. Om grundvattennivå sänks kan mikrobiologisk nedbrytning av förekommande träpålar och rustbäddar ske med ökad hastighet, vilket riskerar att orsaka sättningsskador på trägrundlagda byggnader och i förekommande fall ledningar.

Kraftiga sättningar kan ge problem med exempelvis plattsatta ytor, ojämnheter mellan pålade och icke pålade ytor, brunnslock etc. som sticker upp och därför behöver åtgärdas.

Markförlagda ledningar i lerområden där sättningar sker kan, beroende på grundläggningssätt, komma att skadas. Olika typer av ledningar är olika känsliga. Exempelvis är generellt ledningar för spillvatten, fjärrvärme/fjärrkyla och gas relativt känsliga.

5.3.5 Påverkan på grundvattenkvalitet

För stadsmiljö normala förhöjningar av kolväten, metaller etc. får förväntas förekomma längs stora delar av sträckningen. Påverkan på grundvattennivåer kan leda till ändrade strömningsriktningar och därmed spridning till områden som tidigare inte varit påverkade. Då grundvattnet som tidigare nämnts inte är en dricksvattenresurs bedöms denna potentiella påverkan vara liten.

5.3.6 Försämrade förutsättningar för bergvärme och energilagring

Vattennivåerna kan komma att sänkas av i energibrunnar som kommunicerar med spricksystem som påverkas av anläggningen. Detta leder till minskat möjligt energiuttag. Avsänkta grundvattennivåer i jord riskerar att leda till sämre effekt för eventuella befintliga värmelagransanläggningar och sämre förutsättningar för nyanläggning av sådana.

5.3.7 Vegetationspåverkan

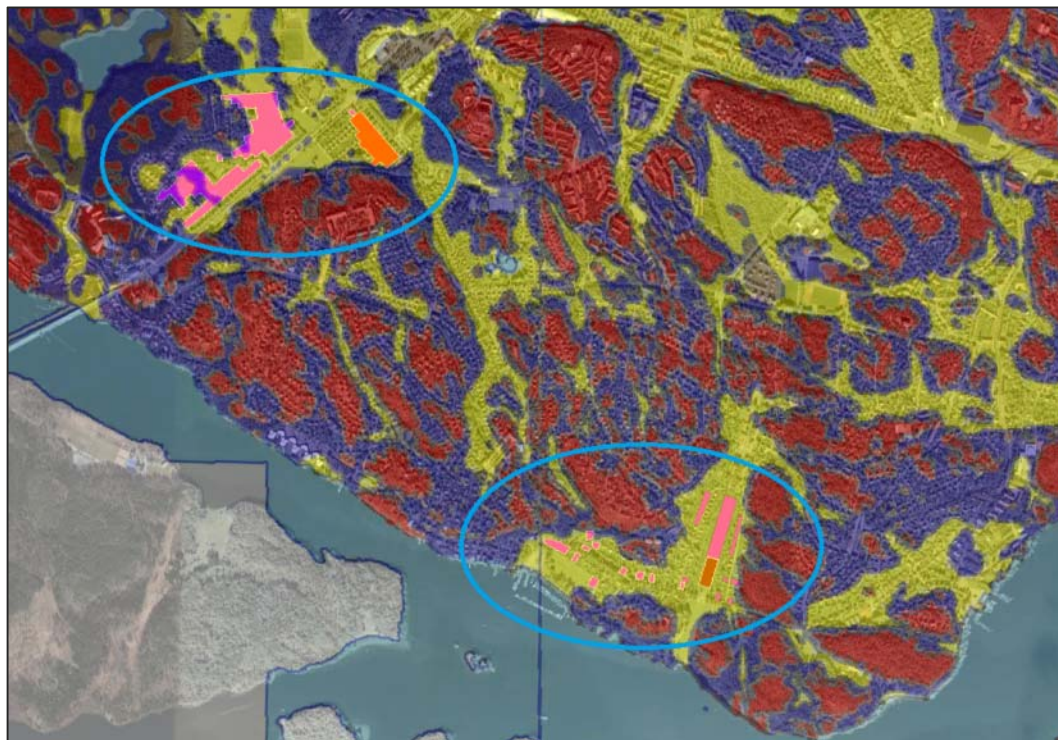
Grundvattennivåsänkning i jordlager kan i sällsynta fall medföra effekter på vegetation. En grundvattensänkning påverkar dock växtligheten endast om grundvattennivån ligger högt under vegetationsperioden och nivåvariationen normalt är liten samt om jorden har en låg vattenhållande förmåga (grovkorniga jordar).

5.4 Riskobjekt för grundvattenavsänkning

I det följande presenteras objekt som utifrån nuvarande förutsättningar kan identifieras som potentiellt känsliga för grundvattensänkningar längs varje delsträcka. En mer ingående analys bör föregås av detaljerade utredningar baserade på tydliga premisser, bl.a. avseende hydrogeologi och därmed påverkansområden samt grundläggningssätt för samtliga byggnader inom dessa områden. De natur- och kulturmiljöobjekt som kan påverkas av ändrade grundvattenförhållanden har översiktligt presenterats ovan. I detta avsnitt utvecklas eventuella konsekvenser för dessa inte vidare, men objekten i fråga bör ingå i en generell djupgående analys av känslighet för grundvattensänkning.

5.4.1 Bromma – Eolshäll

De lerpartier av nämnvärd utbredning och mäktighet som finns längs sträckningen breder ut sig över dess första halvkilometer samt längs Ålstenstranden och i trakterna av Ålstensgatan på Smedslätten.



Figur 5.4.1. Områden med identifierade sättningskänsliga fastigheter, Bromma.

I sträckningens början och alldeles öster därom finns ett område med s.k. *småstugor*. Många av dessa är grundlagda på träpålar i lera och därför känsliga för grundvattensänkningar. Det finns också enstaka exempel på hus i området som grundlagts på murar eller plintar medan uppgifter om grundläggning saknas för ett större antal hus, se figur 5.4.1.

På andra sidan Drottningholmsvägen och sträckningen finns också ett större område där husen är grundlagda på murar eller plintar på lera. Detsamma gäller för ett antal fastigheter på det nämnda lerpartiet vid Smedslätten, bl.a. husen längs den Riksintressanta Ålstensgatan, se kap 5.2. Flera av dessa byggnader är sedan tidigare försedda med järndubb för sättningskontroll.

Allmänt förekommer dessutom många hus längs sträckningen där grundläggningsuppgifter saknas.

Med Nockebysskogen och Ålstenssskogen som de stora undantagen är frekvensen av energibrunnar i områdena längs sträckningen på Brommasidan annars hög, se figur 5.4.2.

5.4.2 Eolshäll – Sickla/Henriksdal

De områden med risk för sättningar som ligger i närmast anslutning till sträckningen förekommer främst som mindre lerpartier mellan fastmarksområdena. Mer utbredda lerområden breder dock ut sig i sträckningens relativa närhet och större mäktigheter återfinns både i Aspudden och Liljeholmen samt delar i av Årsta och Hammarby. Förutom potentiella byggnader, som riskerar sättning, finns i slutet av sträckningen exempel på större hårdgjorda ytor över lerområden som kan vara värda att beakta utifrån ett grundvattensänkningsperspektiv. Utmed sträckan finns befintliga tunnlar som korsar och även ligger parallellt över planerad tunnel och som redan påverkat området hydrauliskt. Hur påverkansområdet förändras med den planerade tunneln är svårt att uttrycka med dagens information men kan antas bli förhållandevis begränsad på stora delar av sträckan.

De enstaka hus som är angivna som grundlagda med murar/plintar på lera och som kan förväntas ligga inom påverkansområdet återfinns framför allt i Hammarbyhöjden. Längs sträckningen och i dess närhet finns dock en hel del hus på lerområden med oklar grundläggning. Det gäller bl.a. någon eller några byggnader som är byggnadsminnesmärkta eller som "... motsvarar fordringarna för byggnadsminnesmärkning..." enligt den kulturhistoriska klassningen, se kap 5.2, varför dessa bör inventeras mer ingående.

Ett förhållandevis litet antal energibrunnar är borrade längs med sträckningen, se figur 5.4.2.



Figur 5.4.2. Översiktlig utbredning av energibrunnar, alternativ 4 samt 2 och 3 norröver (SGU:s brunnsarkiv)

5.4.3 Anslutning mot Bäckersta byväg

Även om exakt utformning och sträckning för anslutning av Bäckersta byväg inte är klarlagda, förväntas den sydligaste delen, över Enskefältet anläggas som markledning. Detta förbättrar förutsättningarna för en begränsad påverkan på dessa områden, som är

erkänt känsliga för sättningar och grundvattensänkningar. Dock finns också i en potentiell sträckning lersvackor och större lerområden – särskilt i områdena söder om Johanneshovsvägen – där det i vissa avsnitt förekommer objekt som kan vara känsliga för grundvattensänkningar. Dessa områden bör alltså vara föremål för särskild analys och kontroll i den fortsatta processen. Detsamma gäller för de energibrunnar som tros vara mest frekvent förekommande i de sydligaste områdena.

5.5 Ytvatten

5.5.1 Avbördning av processvatten

En stor mängd processvatten kommer användas vid tunneldrivningen. Ett uttag av 250 l/m³ fast berg kan antas. Det innebär ett behov om ca 87 Mm³. Det är i dagsläget ej beslutat varifrån processvattnet kommer tas. Detta vatten kommer att blandas med inläckande dag- och grundvatten som kommer behöva bortledas till dagvattennät och/eller recipient. Processvattnet kommer att förorenas av oljor, odetonerat sprängämne, borrhax, cement och sprutbetongrester och kommer kunna tas ut vid respektive påslag på tunneln. En annan effekt av inläckande dag- och grundvatten under byggtiden är att vattnet som genereras kan ha högt pH-värde och höga kvävehalter vilket kan resultera i, för akvatiska organismer, toxiska halter av ammoniak (NH³). Under byggskedet kommer vattnet behöva ledas via en kontrollpunkt/-anläggning och behandlingsanläggning för avskiljning av oljor och partiklar/slam likväl som, vid behov, pH justering, innan det kan avbördas.

5.5.2 Vattenskyddsområden

En identifiering av vattenskyddsområden längs med delsträckorna har gjorts då särskild hänsyn krävs i det fall arbete i vatten, eller avbördning till recipient av processvatten, kommer krävas under byggtiden. I detta tidiga skede har inget arbete i vatten identifierats men kan komma att bli aktuellt vid exempelvis strandnära etableringar av arbetstunnlar eller transport av bergmassor via båt/pråm. Arbete i vatten är tillståndspliktigt enligt miljöbalkens 11 kap. om vattenverksamhet.

5.5.3 Bromma – Eolshäll

I princip hela sträckningen löper genom Östra Mälarens Vattenskyddsområde.

5.5.4 Eolshäll – Sickla/Henriksdal

Inga vattenskyddsområden passeras längs sträckningen.

5.5.5 Anslutning mot Bägersta byväg

Inga vattenskyddsområden passeras längs sträckningen.

5.6 Luft

5.6.1 Transporter – emissioner

I byggskedet förekommande påverkan på klimat och luftkvalitet kommer främst att orsakas av ett stort antal transporter in och ut ur huvudtunnel och arbetstunnlar. Utsläppen från fossila bränslen, partikelinnehåll etc. kan förväntas öka, särskilt i anslutning till påslag och arbetstunnlar, och vid sidan om ett mindre antal transporter för

etablering av maskiner och material kommer transporterandet naturligtvis främst handla om massor och därmed vara avhängigt tunnellängden. Förutom de eventuella jordmassor som kan behöva bortforslas från bl.a. påslagsschakter, kommer uttransporterna företrädesvis innehålla bergmassor. Med en förväntad lös densitet för berg på $1\,800\text{ kg/m}^3$ och förutsatt ett generellt användande av boggibilar med en lastkapacitet om ca 16 ton, ges en fingervisning om antalet lastbilstransporter för föreslagen sträckning i tabell 5.6.1. Det bör noteras att det totala antalet transporter sedan skall delas upp mellan antalet arbetstunnlar och totala tiden för bergtransporter. Generellt kan man säga att varje salva genererar 15 lastbilstransporter med berg.

Tabell 5.6.1. Uppskattad masshantering berg för sträckningen under hela entreprenadtiden.

Alternativ	Bergschakt* (vlm ³)	Transportvikt (ton)	Antal transporter
4	613 000	1 104 000	69 000

*) vlm³ står för verkligt lösa kubikmeter och är att jämföra med en lös densitet på $1\,800\text{ kg/m}^3$ för berg.

En mer ingående analys av både generell och lokal miljöpåverkan från transporter och masshantering genomförs då sträckning och exakta lägen för arbetstunnlar och påslag fastställts.

5.6.2 Spränggaser

I och med att tunnarna ventileras för förbättrade arbetsförhållanden kommer förorenad luft såsom spränggaser att tryckas ut i tunnelmynningar och eventuella ventilationsschakt. En för spränggaser avgörande förorening är kvävedioxid, som kan uppfattas som störande vid utvädring i anslutning till exempelvis bostadsbebyggelse. Halterna varierar med bl.a. vindförhållanden, sprängmedelstyp och salvstorlek varför sprängnings- och utvädringsplanering i kombination med en genomtänkt placering av tunnelmynningar kan spela stor roll i upprätthållandet av miljö kvalitetsnormerna. Uppmätningar och bedömningar i samband med byggandet av Södra Länken respektive Citybanan visar att uppkomna halter i de sammanhangen inte bedöms ge någon avsevärd hälsopåverkan vid exponering. Aspekten är i vart fall viktig att ta hänsyn till i fortsatta miljökonsekvensanalyser.

5.6.3 Lukt – avloppstunnlar drift

Tunnarna kommer att luftväxlas med 0,6 luftomsättningar per timme. Under vintertid kommer dock detta värde att minska för att undvika problem med nedkylning. Rening kommer normalt att ske vid verken i särskild reningsanläggning. Vid längre tunnlar kommer tilluftflöden att ordnas på lämpliga ställen utefter tunnelsträckan förutom vid tunnelns början, där inflöde av luft alltid ordnas. Exempelvis kommer tilluftflödet i Bromma att uppgå till ca $13\text{ m}^3/\text{s}$ och i Eolshäll ungefär dubbla värdet.

5.7 Buller och stomljud

Med tanke på användningsområdet för tunneln är det rimligt att förutsätta att den översiktliga konsekvensanalysen av miljöaspekterna buller och stomljud enbart behandlar byggskedet, detta eftersom några besvärande ljudnivåer i driftskedet inte är att förvänta.

De allmänna resonemangen kring dessa miljöaspekter grundar sig då på antagandet att de projektspecifika kraven i möjligaste mån skall överensstämma med Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggarbetsplatser NFS 2004:15, se utdrag i figur 5.7.1.

Dessa råd är tänkta att fungera som vägledning och är inte juridiskt bindande. Dessutom

får avsteg göras från dem vid särskilda skäl och enstaka kortvariga ljudnivåer på upp till 10 dBA över de rekommenderade nivåerna medges. Riktvärdena är tillämpliga både för luftburet buller och stomljud.

NFS 2004:15	Område	Helgfri måndag-fredag		Lördag, söndag och helgdag		Samtliga dagar	
		Dag	Kväll	Dag	Kväll	Natt	
		07-19	19-22	07-19	19-22	22-07	
		L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Aeq}	L_{Amax}
	Bostäder för permanent boende och fritidshus						
	<i>Utomhus (vid fasad)</i>	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	70 dBA
	<i>Inomhus (bostadsrum)</i>	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
	Vårdlokaler						
	<i>Utomhus (vid fasad)</i>	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	-
	<i>Inomhus</i>	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
	Undervisningslokaler						
	<i>Utomhus (vid fasad)</i>	60 dBA	-	-	-	-	-
	<i>Inomhus</i>	40 dBA	-	-	-	-	-
	Arbetslokaler för tyst verksamhet ¹⁾						
	<i>Utomhus (vid fasad)</i>	70 dBA	-	-	-	-	-
	<i>Inomhus</i>	45 dBA	-	-	-	-	-

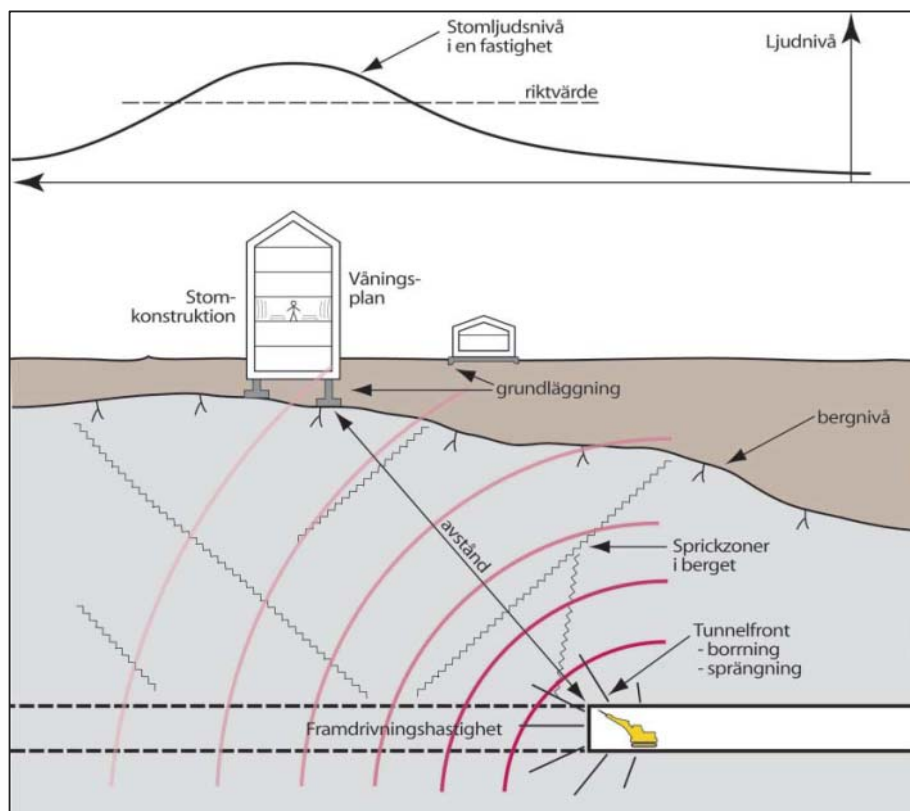
¹⁾ Med arbetslokaler menas lokaler för ej bullrande verksamhet med krav på stadigvarande koncentration eller behov att kunna föra samtal obesvärat, exempelvis kontor.

Figur 5.7.1. Utdrag ur Naturvårdsverkets råd om buller från byggarbetsplatser (NFS 2004:15)

5.7.1 Stomljud från tunneldrivning

Den allmänna utgångspunkten är att tunneldrivningen kommer att ske på konventionell metod, d.v.s. genom borrhning och sprängning. Det mindre troliga alternativet – fullortsborrhning med TBM – medför annars en framdrivningsfart som i bästa fall är 5 ggr snabbare än vid konventionell tunneldrivning och som alltså ger mindre störningar i ett tidsperspektiv.

Omfattningen och styrkan på stomljudet beror på avståndet mellan tunnelfront och byggnaden, grundläggningssätt, typ av byggnadsstomme samt bergkvalitet. Sprickzoner i berg liksom grundläggning i jordlager innebär t.ex. energiförluster som dämpar stomljudet, se figur 5.7.2.



Figur 5.7.2. Faktorer som påverkar stomljudsnivån i ovanliggande bebyggelse (MKB för Citybanan).

Utifrån ovanstående och utan alltför preciserade analyser kan följande avgränsningar i förutsättningarna göras, för tunneln i stort och i någon mån för de olika alternativsträckningarna.

- De minsta bergtäckningarna längs sträckan Bromma – Eolshäll är, att förvänta i områdena vid Smedslätten och väster därom, (se profil kap. 5). Det handlar där lokalt om troliga bergtäckningar om ca 20 m i områden med förekommande sprickzoner i flera riktningar och med få eller inga byggnader rakt över tunnelsträckningen som är grundlagda på berg. Liknande förhållanden gäller i sträckningens början och generellt är det snarare i de mellanliggande partierna – där bergtäckningen förväntas vara uppmot den dubbla och mer – som kombinationen friskare berg och bebyggelse med berggrundläggning är mer utbredd. Möjligen kan områdena öster om den punkt där sträckningen når ned till Mälaren bli föremål för en mer genomgående analys i frågan. Detta m.h.t. till kombinationen mindre bergtäckning och eventuell berggrundläggning.
- Bergtäckningarna är generellt något mindre längs den första halvan av sträckningen Eolshäll – Henriksdal/Sickla, med de minsta täckningarna, ca 20-25 m, i trakterna av Örnberg och Årstadal (profil kap. 5). I Örnberg förekommer sprickzoner, medan Årstadal präglas av korsande krosszoner och föreslagen tunnel är dessutom avsedd att dras under en annan tunnel. Många av områdenas fastigheter är dock troligen grundlagda på berg och i

kombination med de relativt små bergtäckningarna gör det att en utvecklad analys av förväntade stomljud bör göras här vid ett genomförande av tunneln. Under de tätbefolkade områdena längs övriga delar av sträckningen är bergtäckningen förhållandevis stor och/eller sprick- och krossystemen allmänt utbredda.

5.7.2 Byggbuller

Eftersom inga pålnings-, spontningsarbeten eller liknande är planerade kan förekomsten av luftburet buller i byggskedet framför allt antas härröra från lastbilstransporter till och från arbetstunnlar (se avsnitt 5.7.1) samt från eventuell avschaktning vid påslag och arbetstunnlar. De exakta lägena för arbetstunnlarna är ännu preliminära och först när lägena är klargjorda kan en grundligare bedömning av bullerpåverkan genomföras. Bland de preliminära påslagslägena i närheten av bebyggelse är flertalet befintliga, för att i möjligaste mån skona omgivningspåverkan.

5.8 Identifierade tillståndsbehov och beskrivning av kommande tillståndsprocess

Kostnaderna för pumpning och rening av inläckande grundvatten bedöms inte vara styrande för vilka krav som skall ställas på inläckaget av grundvatten till tunneln. Styrande för inläckagekraven blir istället de miljökrav som beslutas i samband med tillståndsansökan för bortledning av grundvatten, i enlighet med miljöbalkens 11:e kapitel om vattenverksamhet. Tillstånd söks vid Mar- och Miljödomstolen vid Nacka tingsrätt.

Det är rimligt att anta att tillstånd om bortledning av grundvatten för tunnelanläggningen kan erhållas först efter ca 2,5 år efter det att inriktningsbeslutet togs. Tillståndsprocessen inkluderar bl.a. samråd med myndigheter och tredje man, framtagande av miljökonsekvensbeskrivning, tekniska beskrivningar, kontrollprogram för omgivningspåverkan på bl.a. grundvatten och övriga ansökningshandlingar, liksom det formella ansökningsförfarande. Först när tillstånd har erhållits kan entreprenaden påbörjas.

Vidare är avbördning av avloppsvatten under byggtiden anmälningspliktigt, detta kommer dock att regleras och ingå i tillståndsansökan. Denna del omfattar även framtagande av kontrollprogram för rening och avbördningen av renat vatten. Slutligt kontrollprogram utformas i samråd med tillsynsmyndigheten varvid krav på kvalitet i det vatten som avbördas från bergtunnlar och ytschakter följs upp.

6 Bedömning av genomförandetidplan

6.1 Allmänt om genomförandetidplan

Förslagen till genomförandetidplaner syftar till att översiktligt bedöma och sammanställa vilka aktiviteter som erfordras. Genom beskriven tidplan kan vidare en uppfattning erhållas om hur lång tid hela processen tar samt vikten av att starta upp särskilt besluts och tillståndprocesserna för att förhindra en onödigt lång genomförandetid samt förseningar i projektet.

I arbetet med framtagning av genomförandetidplan har hänsyn inte tagits till eventuell säkerhetsklassad/sekretess upphandling av entreprenör.

Huvuddelarna i tidplanen är:

- Inriktningsbeslut
- Framtagning förfrågningsunderlag
- Miljöprövning/Tillståndprocess
- Interna och externa beslut
- Upphandling entreprenör
- Genomförande

6.2 Genomförandetidplan

Möjligheter till genomförande har utretts genom att upprätta översiktlig tidplan enligt nedan.

	Huvudaktiviteter	Beroende	Milstolpe	Tid start	Tid färdigställd	Varaktighet	Kommentarer
1	Inriktningsbeslut		2013-09-05				
1.1	Rapport (Ledningsnät)		2013-08-05				
1.2	Beslut SVAB:s styrelse		2013-09-05				
2	Utredning/Systemhandling/FFU	1.2 samt kommentar		2013-09-01	2014-06-15	10 mån	
3	Tillståndsprocess						
3.1	Framtagande tillståndsansökan	2		2013-09-01	2014-08-31	12 mån	
3.2	Samrådsprocess		2014-05-31	2013-12-15	2014-05-31	5,5 mån	
3.3	Rådighet		2014-08-31	2013-11-15	2014-08-31	9,5 mån	
3.4	Ansökan till miljödomstolen		2014-08-31				
3.5	Beslut miljödomstolen		2015-12-01				Tid utan överklagande
5	Beslut kommunfullmäktige i aktuella kommuner						
5.1	Genomförandebeslut		2015-09-01				Osäker tidpunkt, troligen tidigare.
6	Upphandling ABT - kontrakt	2					
6.1	Anbudsfrågan		2014-02-01				
6.2	Utvärdering och upphandling		2014-05-01				Upphandling är villkorad av pkt 5 och 3.4
7	Genomförande						
7.1	Tunnel del Bromma – Henriksdals ARV						
7.1.1	Detaljprojektering		2014-06-01	2015-01-01		6 mån	
7.1.2	Byggskede						
	Etablering	3.4	2015-12-01				
	Drivning arbetstunnlar		2016-01-01	2016-06-01		5 mån	
	Drivning huvudtunnlar		2016-06-01	2018-04-01		22 mån	Arbete under semesterperiod
	Bygg, inredning		2017-10-01	2018-09-01		11 mån	
	Slutbesiktning		2018-09-01				
	Driftsättning				2018-10-01		
8	Projektavslut		2018-12-01				

7 Investeringskostnadsbedömning

7.1 Investeringskostnader tunnel Bromma – Sickla.

Avvecklingskostnader för befintliga pumpstationer, ombyggnad av klack mm i befintlig spillvattentunnel vid Sättra, inlösen av mark, ersättning till fastighetsägare för energibrunnar har inte beaktats i nedanstående kostnadssammanställningar.

Tabell 7.1.1 Investeringskostnad för tunnel, pumpstationer och ledningar för sträckan Bromma – Sickla har översiktligt beräknats enligt tabell.

Huvudkomponenter	Mängd	Enhet	Kostnad per enhet	Totalt
Ledningar Mälarpassagen				
dim 3 st 1400	1500	m	39000	58 500 000 kr
Tre pumpstationer: Smedslätten, Mälarpassagen, Eolshäll				
Maskin			46000000	46 000 000 kr
Bygg			30000000	30 000 000 kr
El			30000000	30 000 000 kr
Tunnel ink arbetstunnlar, bräddtunnel Bägersta och schakt				
Berg	18350	m	36600	671 610 000 kr
Forceringskostnader tunneldrivning 15%				100 741 500 kr
Bygg ink ventilation	15100	m	8000	120 800 000 kr
Delsumma				1 057 651 500 kr
Oförutsett 25%				264 412 875 kr
Delsumma				1 322 064 375 kr
Proj, byggledn, kontroll. 20%				264 412 875 kr
Total anläggningskostnad				1 586 477 250 kr

8 Kostnadsbedömning av Drift- och Underhållskostnader

8.1 Drift- och underhållskostnader

Drift- och underhållskostnader är en viktig del i diskussionen kring en eventuell LCC studie, något som dock inte utförts i denna utredning.

Tabell 8.1.1 DoU-kostnader för tunnel, pumpstationer och ledningar för sträckan Bromma – Sickla har översiktligt beräknats enligt tabell.

Tunnelträckning Bromma - Sickla	Mängd	Kostnad/enhet	Kostnad/år
Ledningar	4500 m	10 kr/m	45 000
Tunnel	18350 m	25 kr/m	458 750
Pumpstationer, Tunnelfläktar Underhåll			2 154 000
Pumpstationer, Drift			7 236 000
Totalt DoU-kostnad			*) 9 893 750 kr

*) Tillkommande kostnader för utökad driftpersonal etc. bedöms vara utan större kostnadspåverkan.

9 Översiktlig riskbedömning

9.1 Allmänt

En översiktlig riskbedömning har gjorts aktuell linjedragning. Bedömningen har gjorts under en workshop med ett stort antal personer inblandade från alla teknikområden. Inledningsvis listades alla oönskade händelser eller skadehändelser som gruppen kunde komma fram till.

Utifrån hanteringen av de oönskade händelserna har sedan en beskrivning av orsaken till de oönskade händelserna beskrivits samt de möjliga konsekvenserna.

9.2 Riskvärdering

Riskvärdering utförs med utgångspunkt från sannolikhetsklasser och konsekvensklasser enligt följande:

- Konsekvens kostnad: Påverkan på kostnad för utförandet av konstruktioner avseende analyserat system/objekt.
- Konsekvens tid: Påverkan på tiden för utförandet av konstruktioner avseende analyserat system/objekt.
- Konsekvens arbetsmiljö: Obehag, skador eller dödsfall för arbetare.
- Konsekvens ersättning till 3:e man: Kan delas upp på två delkonsekvenser. I denna översiktliga värdering har de dock slagits ihop.
- o Konsekvens ersättning till 3:e man: Kostnad för ersättning p.g.a. skadade hus, ledningar eller andra störningar (driftavbrott tågtrafik, datorer eller verksamhet i hus) etc.

- o Konsekvens skador på 3:e man: Obehag, skador eller dödsfall för 3:e man. Obehag kan även avse buller, begränsad framkomlighet mm.
- Konsekvens omgivning/miljö: Påverkan på naturmiljö t ex grundvatten, flora och fauna.

Risikvärderingen skall utföras med förutsättningen att normalt förekommande åtgärder i samband med projektering och utförande tillämpas. Nedan följer en beskrivning av sannolikheter och konsekvenser i tabell 9.2.1 och 9.2.2. Värdet på sannolikheten och gränserna mellan prioriteringsfaktorn bör diskuteras och slutgiltigt ansättas av SVAB. Detta kommer att ligga till grund för den genererade risknivån. I denna övning som gjorts för denna utredning är värdena hämtade från Norra Länken i Stockholm, ett stort komplext infrastrukturprojekt, varför det kan betraktas som relevanta nivåer.

Tabell 9.2.1. Beskrivning av sannolikheter.

Sannolikhet (S)	Innebörd	Prioriterings-faktor	Värde
Mycket stor	Mycket troligt att den inträffar	5	1
Stor	Troligt att den inträffar	4	0,5 – 0,99
Medel	Kan inträffa	3	0,05 – 0,5
Låg	Bedöms troligen inte inträffa	2	0,005 – 0,05
Mycket låg	Bedöms inte inträffa	1	< 0,005

Tabell 9.2.2. Beskrivning av konsekvenser.

Konsekvens (K)	Riktlinje	Prioriterings-faktor	Värde
Mycket stor	Konsekvensen är mycket kritisk för utformningen/utförandet av den studerade anläggningen	5	5
Stor	Konsekvensen är allvarlig för utformningen/utförandet av den studerade anläggningen	4	4
Medel	Konsekvensen har viss betydelse för utformningen/utförandet av den studerade anläggningen	3	3
Låg	Konsekvensen är liten för utformningen/utförandet av den studerade anläggningen	2	2
Mycket låg	Konsekvensen har ingen betydelse för utformningen/utförandet av den studerade anläggningen	1	1

Riskvärderingen baseras på subjektiva bedömningar med utgångspunkt från den kunskap och erfarenhet, som finns hos de personer som varit delaktiga under värderingen. Någon mer detaljerad tids- eller kostnadsanalys har inte gjorts i detta skede, varför konsekvenser med avseende på tid och kostnad i huvudsak skall ses som kvantitativa termer av påverkan.

I tabell 9.2.3 nedan beskrivs färgkoderna för de olika risknivåerna.

Tabell 9.2.3. Innebörden för de olika risknivåerna med respektive färgkod.

	Mycket kritisk eller stor (röd) risken äventyrar projektet i mycket stor eller stor utsträckning. Riskreducerande åtgärder skall vidtas.
	Allvarlig (gul) risken kan äventyra projektet i stor eller medelstor utsträckning. Rimliga riskreducerande åtgärder med avseende på tid och kostnad skall vidtas.
	Förhöjd (grön) risken påverkar projektet i viss eller liten mån. Risken hanteras genom att risken överförs till byggskedet.

Tabell 9.2.4. Värderingskriterier med avseende på kostnad för projektet.

Kostnad – uttryckt i kostnader för projektet i kronor						
Konsekvens (K)	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg	
Sannolikhet (S)	> 50 Mkr	50-20 Mkr	20-5 Mkr	5-1 Mkr	< 1 Mkr	
Mkt stor 5	25	20	15	10	5	
Stor 4	20	16	12	8	4	
Medel 3	15	12	9	6	3	
Låg 2	10	8	6	4	2	
Mkt låg 1	5	4	3	2	1	

Tabell 9.2.5. Värderingskriterier med avseende på tid.

Tid – uttryckt som försening i antalet månader						
Konsekvens (K)	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg	
Sannolikhet (S)	>12 månader	12-6 månader	6-3 månader	3-1 månader	< 1 månad	
Mkt stor 5	25	20	15	10	5	
Stor 4	20	16	12	8	4	
Medel 3	15	12	9	6	3	
Låg 2	10	8	6	4	2	
Mkt låg 1	5	4	3	2	1	

Tabell 9.2.6. Värderingskriterier avseende arbetsmiljö.

Arbetsmiljö – uttryckt som skador på personal					
Konsekvens	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg
Sannolikhet (S)	Döda, flera svårt skadade 5	Flera svårt skadade 4	Enstaka svårt skadade 3	Svåra obehag 2	Övergående lindriga obehag 1
Mkt stor 5	25	20	15	10	5
Stor 4	20	16	12	8	4
Medel 3	15	12	9	6	3
Låg 2	10	8	6	4	2
Mkt låg 1	5	4	3	2	1

Tabell 9.2.7. Värderingskriterier avseende skadeersättning till tredje man.

Ersättning till tredje man – uttryckt i kostnader för projektet i kronor					
Konsekvens (K)	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg
Sannolikhet (S)	> 2 Mkr 5	2-1 Mkr 4	1-0,5 Mkr 3	0,5-0,1 Mkr 2	< 0,1 Mkr 1
Mkt stor 5	25	20	15	10	5
Stor 4	20	16	12	8	4
Medel 3	15	12	9	6	3
Låg 2	10	8	6	4	2
Mkt låg 1	5	4	3	2	1

Tabell 9.2.8. Värderingskriterier avseende skador på tredje man.

Skador på tredje man – uttryckt i skada					
Konsekvens (K)	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg
Sannolikhet (S)	Döda, flera svårt skadade 5	Flera svårt skadade 4	Enstaka svårt skadade 3	Svåra obehag 2	Övergående lindriga obehag 1
Mkt stor 5	25	20	15	10	5
Stor 4	20	16	12	8	4
Medel 3	15	12	9	6	3
Låg 2	10	8	6	4	2
Mkt låg 1	5	4	3	2	1

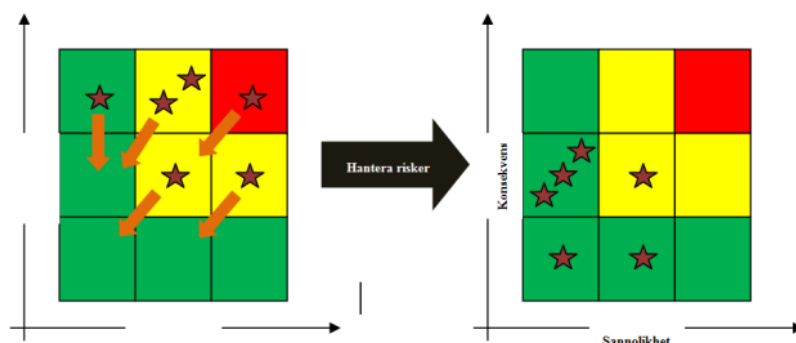
Tabell 9.2.9. Värderingskriterier avseende skador på omgivningsmiljön.

Skador på miljö – uttryckt som effekter på omgivningsmiljön					
Konsekvens	Mkt stor	Stor	Medel	Låg	Mkt låg
Sannolikhet	Kvarstående effekter 5	Kvarstående mindre allvarliga effekter 4	Långtidsverkande effekt 3	Tillfällig allvarlig effekt 2	Övergående lindriga obehag 1
Mkt stor 5	25	20	15	10	5
Stor 4	20	16	12	8	4
Medel 3	15	12	9	6	3
Låg 2	10	8	6	4	2
Mkt låg 1	5	4	3	2	1

För denna utredning i detta tidiga skede har skador för tredje man och ersättning till tredje man, tabell 9.2.7 och 9.2.8 bedömts gemensamt under tredje man.

9.3 Riskreducerande åtgärder

Utifrån utfallet på risknivån kommer matrisen innehålla varierande grad av risknivåer. Det är då viktigt att börja jobba med de uppkomna oacceptabla risknivåer dvs "mycket kritisk eller stor" mha riskreducerande åtgärder, se figur 10.3.1.



Figur 9.3.1 Illustration hur risknivåer skall hanteras med riskreducerande åtgärder.

Riskreducerande åtgärder, som både kan vara skadeförebyggande och konsekvensbegränsande, delas upp med avseende på åtgärder och implementering under projektering och utförande.

Vidare kan riskreducerande åtgärder vara av olika karaktär, t ex kontrollpunkter för fortsatt projektering, krav som skall inarbetas i projekteringen samt åtgärder som entreprenören skall ansvarar för.

I denna översiktliga riskvärdering har inte riskreducerande åtgärder arbetats in. Detta kommer först göras under kommande projektering och utförande för det aktuella alternativet.

Dokumentet för riskhantering är ett levande dokument som skall följa projektet genom hela processen till en färdigställd och godkänd produkt. Det är beställaren som äger dokumentet och ansvarar för att det hålls levande tillsammans med projektets olika aktörer.

9.4 Sammanfattning av resultaten från riskvärderingen

Riskmatrisen redovisas inte i sin helhet i detta dokument, då den fortsatt är ett arbetsdokument utan endast som en kortare sammanfattning i detta kapitel. Matrisen skall som tidigare beskrivits ses som ett första ansats till riskhantering och ses som ett levande dokument genom hela processen.

Totalt har ca 70 oönskade händelser identifierats längs den planerade sträckningen, se de med störst risknivå i tabell 9.4.1. De oönskade händelserna har koppling till projektering, utförandetiden samt några för driftskedet. En djupare analys för oönskade händelser under driftskedet bör göras i senare skede.

De behandlade oönskade händelserna ger mest utslag i värderingskriteriet kostnad och tid där flest oönskade händelser hamnar inom den röda risknivån, dvs "mycket kritisk eller stor risk". Detta är bedömningen innan några riskreducerande åtgärder vidtagits.

Resultatet från riskvärderingen visar på en jämn spridning av riskerna, dock av olik karaktär, längs sträckan. För vissa delsträckor är dock antalet oönskade händelser mindre förekommande såsom kring Hägersten, Årsta och mellan Skanstull och Sickla. Risknivåerna är främst knutna till lokalisering, beslutsprocess och den hårt pressade tidplanen vilket återspeglas i en överrepresentation bland röda och gula risknivåer för värderingskriterierna tid och kostnad. För övriga risker bedöms kommande riskreducerande åtgärder kunna sänka risknivån till en acceptabel nivå.

Tabell 9.4.1. Merparten av de identifierade oönskade händelserna med hög risknivå, utan rangordning.

Oönskad händelse	Möjlig konsekvens	Största risknivån (kriteriet)
Överprövning miljödom	Försenad byggstart, omprojektering	Tid och kostnad
Överklagan bygglov	Försenad byggstart, omprojektering	Tid och kostnad
Överklagan ledningsrätt	Försenad byggstart, omprojektering	Tid och kostnad
Snäv byggtid	Försenad driftsättning av anläggningen	Tid och kostnad
Högre anbud från entreprenör	Höga byggkostnader, längre byggtid	Tid och kostnad
Motstånd mot projektet från sakägare och allmänhet	Överklaganden	Tid och kostnad
Mycket hårt ställda inläckagekrav	Längre byggtid, behov av infiltrationsanläggningar, högre byggkostnad	Tid, kostnad och omgivningspåverkan
Antalet påslagslägen inkl lokaliseringen	Förlängd byggtid, omprojektering,	Tid, och omgivningspåverkan

Oönskad händelse	Möjlig konsekvens	Största risknivå (kriteriet)
Kort utredningstid, försenad projektering	Ej optimal anläggning, försenad miljöprövning, senare byggstart	Tid, kostnad och omgivningspåverkan
Fordonstransporter i tätbebyggt område	Överklaganden	Omgivningspåverkan
Sättningskador	3:e mans problem, högre kostnad	3:e person, kostnad och omgivningspåverkan
Icke redovisade energibrunnar	3:e mans problem, högre kostnad	3:e person och kostnad
Ogynnsamt läge av sprickzoner i Mälaren	Problem med tunneldrivning, längre byggtid, högre byggkostnad	Tid och kostnad
Pumpstopp vid Smedslätten	Ökad miljöbelastning	Omgivningspåverkan och kostnad
Hydraulisk kontakt med konduktiv zon	Problem med tunneldrivning, högre andel påverkande energibrunnar	3:e person och kostnad
Osäker bergtäckning	Problem med tunneldrivning	Tid och kostnad
Långa arbetstunnlar	Längre byggtid	Tid och kostnad
Konflikt med planerade nya tunnelbanesträckningar	Överklaganden, omprojektering	3:e person, tid och kostnad
Oönskade bräddningar	Ökad miljöbelastning	Omgivningspåverkan och kostnad

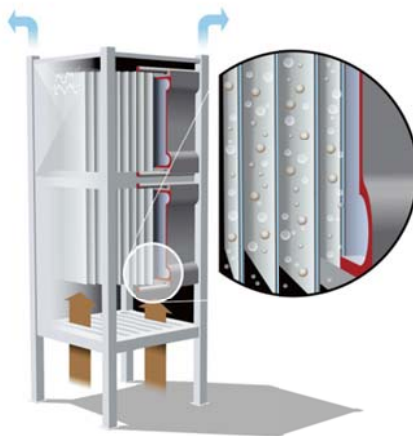
RAPPORT

STOCKHOLM VATTEN VA AB

BILAGA 2

Stockholms framtida avloppsvattenrening- Reningsverk

*Utdrag ur Västerorts framtida avloppsrening Delrapport 1 Reningsverk, 2013-08-16,
med justeringar och kompletteringar hösten 2013*



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Nomenklatur och förkortningar	6
1 Sammanfattning	8
1.1 Inledning	8
1.2 Studerade processalternativ	9
1.3 Rekommenderat alternativ och slutligt val	9
2 Bakgrund – Utredningsuppdrag våren 2013	12
2.1 Inledning	12
2.2 Utredda alternativ för avloppsvattenhanteringen i Stockholm	12
2.3 Belastning	13
2.4 Reningskrav och förutsättningar	14
2.5 Rekommenderat utbyggnadsalternativ	15
3 Process och dimensionering	17
3.1 Beskrivning av delprocesser	17
3.1.1 Grovrening och mekanisk rening	17
3.1.2 Slambehandling	17
3.1.3 Biologisk rening och separation	18
3.1.4 Rejektvattenrening med DeAmmon	25
3.1.5 Högflödesbehandling	26
3.2 Gemensamma förutsättningar för dimensionerande beräkningar	28
3.2.1 Anslutning och flöden	28
3.2.2 Belastning	29
3.2.3 Förbiledning biologisk rening (Högflödeshantering)	29
3.2.4 Temperatur	29
3.2.5 Dimensioneringsparametrar för processberäkningar	29
3.3 Förutsättningar miljö- och driftaspekter	33
3.3.1 Miljöpåverkan	33
3.3.2 Arbetsmiljöpåverkan	35
3.3.3 Processteknisk bedömning	36
Processbeskrivning och preliminär dimensionering	37
3.4	37
3.4.1 4B - Henriksdal inkl. anslutning från Bromma och Eolshäll	37
3.5 Miljöaspekter samt påverkan på arbetsmiljö och omgivning	43
3.5.1 Jämförelse miljöpåverkan	43
3.5.2 Påverkan på arbetsmiljö och omgivning	47
3.6 Att tänka på gällande processdimensionering	48
4 Genomförande med tidplan	51
4.1 Beskrivning av alternativet	51
4.2 Teknisk lösning	51
4.3 Tidplan	51
4.4 Genomförandetidplan med möjligheter, problem och hinder	52

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

4.4.1	Ingående moment	52
4.4.2	Förstudie	52
4.4.3	Principförslag	52
4.4.4	Tillståndprocess	52
4.4.5	Systemhandling	53
4.4.6	Detaljprojektering	53
4.4.7	Upphandling	53
4.4.8	Genomförande	54
5	Kostnadsbedömning	57
5.1	Anläggningskostnadskalkyl	57
5.1.1	Förutsättningar för anläggningskostnadskalkylen	57
5.1.2	Anläggningskostnadskalkyl utredningsalternativ 4B	58
5.2	Kapitalkostnadskalkyl	59
5.2.1	Förutsättningar för kapitalkostnadskalkylen	59
5.2.2	Kapitalkostnadskalkyl utredningsalternativ 4B	60
5.3	Drift- och underhållskostnadskalkyl	60
5.3.1	Förutsättningar för drift- och underhållskostnadskalkylen	60
5.3.2	Sammanställning av drift- och underhållskostnader utredningsalternativ 4B	62
5.4	Årskostnader	63
6	Risikanalys	65
6.1	Inledning	65
6.2	Metod	65
6.2.1	Risikvärdering	65
6.3	Genomförande	65
6.4	Resultat	65
6.4.1	Risikanalys alternativ 4	66
6.5	Slutsatser riskanalys	71
7	Referenser	73

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Bilagor:

Bilaga 1: Process- och dimensioneringsberäkningar

Bilaga 2: Layoutritningar

Bilaga 3: Energiberäkningar

Bilaga 3:1 Elenergi

Bilaga 3:2 Värmeenergi

Bilaga 4: Genomförandetidplan

Bilaga 5: Anläggningskostnads kalkyl

Bilaga 6: Underlag drift- och underhållskostnadsberäkningar

NOMENKLATUR OCH FÖRKORTNINGAR

ARP	Aktiv returslamprocess
ARV	Avloppsreningsverk
AS	Aktivslam
BSAP	Baltic Sea Action Plan
BOD _x	Biokemisk syreförbrukning under X dygn
COD	Kemisk syreförbrukning
EDN	Efterdenitrifikation
FDN	Fördenitrifikation
HRT	Hydraulic retention time, uppehållstid
MBR	Membranbioreaktor
MKB	Miljökonsekvensbeskrivning
NH ₄ -N	Ammoniumkväve
NO ₃ -N	Nitrit- och nitratkväve
p.e.	Personekvivalent
PO ₄ -P	Ortofosfat
Q _{MAX}	Maximalt inflöde till avloppsreningsverket
Q _{MAX, BIO}	Maximalt inflöde till avloppsverkets biologiska reningssteg
Q _{MEDEL}	Dygnsmedelflöde in till reningsverket
RV	Reningsverk
SRT	Solid Retention Time, eller slamålder
SS	Suspenderade ämnen
SSH	Sidoströmshydrolys
Tot-N	Totalkväve
Tot-P	Totalfosfor
VFA	Volatile Fatty Acids, lättflyktiga fettsyror

Kapitel 1 Sammanfattning

1 SAMMANFATTNING

1.1 Inledning

Stockholm är en av Europas snabbast växande städer. Den växande befolkningen samt skärpta utsläppskrav kommer att kräva investeringar i de av Stockholm Vatten ägda reningsverken Bromma, Henriksdal samt delägda Himmerfjärdsverket. Mot bakgrund av detta samt den planerade förtätningen av bostäder runt Bromma reningsverk fick Sweco i uppdrag av Stockholm Vatten AB att under våren och sommaren 2013 utreda olika välgval för reningen av avloppsvatten från Västerort.

De alternativ som studerades var följande:

1. Brommaverket finns kvar och byggs ut för skärpta krav och för att minska påverkan på omgivningen. Även Henriksdalsverket och Himmerfjärdsverket finns kvar.
2. Bromma reningsverk läggs ned och avloppsvattnet från Västerort, tillsammans med avloppsvatten från Eolshälls upptagningsområde som i dagsläget leds till Himmerfjärdsverket, leds till ett nytt reningsverk. Henriksdals reningsverk finns kvar, liksom Himmerfjärdsverket.
3. Brommaverket läggs ner och avloppsvattnet från Västerort leds till Himmerfjärdsverket som byggs ut för denna belastning. Henriksdals reningsverk finns kvar.
4. Brommaverket läggs ner och avloppsvattnet från Västerort, från Eolshälls upptagningsområde som i dagsläget leds till Himmerfjärdsverket, leds till Henriksdals reningsverk som byggs ut för denna belastning. Himmerfjärdsverket ligger kvar.

Belastningen för de olika verken i respektive alternativ redovisas i Tabell 1-1. Den beräknade belastningen för respektive alternativ har utgått från anslutningen för år 2011 och en prognostiserad befolkningstillväxt inom området på ca 1 % per år fram till år 2040.

Tabell 1-1. Sammanfattning belastning för respektive reningsverk och utredningsalternativ. SYVAB = Himmerfjärdsverket. Vita fält avser de belastningsalternativ som innefattas av denna utredning.

Alternativ	A. Bromma	B. Henriksdal	C. SYVAB	D. Nytt ARV
1. Bromma reningsverk blir kvar	420 000 p	1 030 000 p	430 000 p	0 p
2. Bromma läggs ner och leds till ett nytt verk. Eolshäll till det nya verket.	0 p	1 030 000 p	310 000 p	540 000 p
3. Bromma läggs ner och leds till SYVAB. Eolshäll till SYVAB	0 p	1 030 000 p	850 000 p	0 p
4. Bromma läggs ner och leds till Henriksdal. Eolshäll till Henriksdal	0 p	1 570 000 p	310 000 p	0 p

1.2 Studerade processalternativ

Totalt sett utreddes åtta olika reningsverkssituationer. För varje reningsverk presenterades en processlösning tillsammans med en preliminär dimensionering.

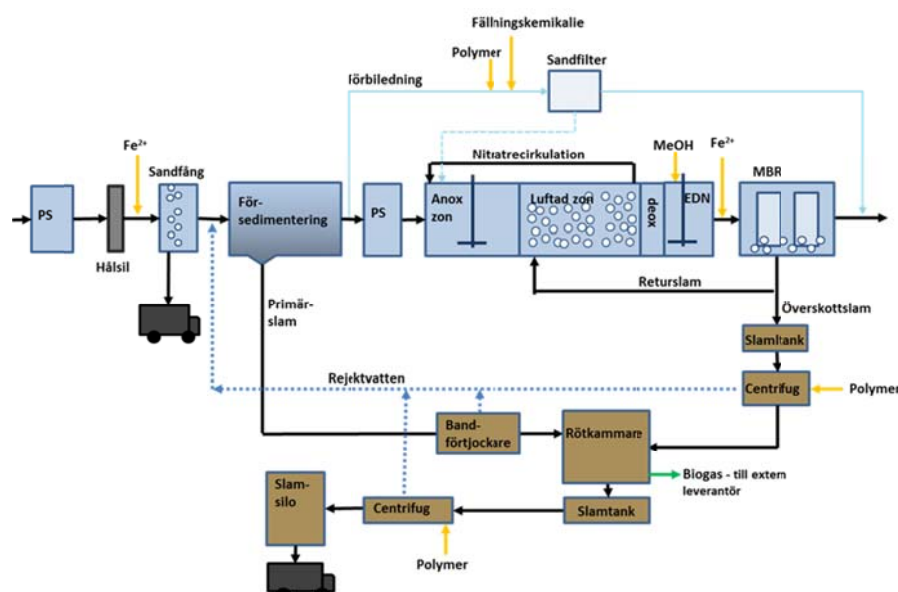
Processlösningarna byggde i alla fallen så långt som möjligt på konventionella aktivslamprocesser med nitrifikation samt för- och efterdenitrifikation för god kväveavskiljning. I de fall där konventionell teknik inte var tillräcklig för att inrymma nödvändig reningskapacitet i befintliga/tillgängliga utrymmen studerades nya och relativt obekräftade tekniker:

- **Avgasning av aktivt slam.** Avgasningstorn konstrueras mellan biosteg och eftersedimentering med syfte att förbättra slammets sedimenteringsegenskaper och därmed möjliggöra ökad slamhalt i biosteget (ca 5-6 g SS/l) vilket ger ökad reningskapacitet. Vacuum pumpen som driver av gaserna ur vattenfasen har ett relativt högt energibehov jämfört med sedimentering.
- **Membranbioreaktorer.** Membranmoduler ersätter eftersedimentering som separationssteg för att skilja det renade avloppsvattnet från slamfasen. Avskiljningen är därmed inte avhängig sedimenteringsegenskaperna varför en hög slamhalt – upp till 10-12 g SS/l – kan hållas i biosteget vilket avsevärt ökar reningskapaciteten. Utgående vatten är i princip partikelfritt och ingen efterföljande filtrering behövs. Membranen har högt energibehov för drift och förbrukar kemikalier för rengöring.

1.3 Rekommenderat alternativ och slutligt val

Under det kommande arbetet jämfördes sedan utredningsalternativen med avseende på processteknik, miljöpåverkan/arbetsmiljö, genomförande, kostnadsuppskattning samt riskanalys. En omfattande slutrapport färdigställdes under sommaren 2013, *Västerorts framtida avloppsvattenrening – Delrapport 1- Reningsverk*, daterad 2013-08-16. I denna rekommenderades utredningsalternativ 4B, som innebär nedläggning av Bromma reningsverk och överledning av avloppsvattnet från verkets nuvarande upptagningsområde tillsammans med avloppsvattnet från det forna Eolshällverket till Henriksdals reningsverk.

Föreslagen process och utformning enligt utredningsalternativ 4B framgår av blockschemat presenterat i Figur 1-1.



Figur 1-1. Blockschema som beskriver processutformningen för reningsverk 4B (Henriksdal).

Kapaciteten för Henriksdals reningsverk kommer enligt utredningsförslag 4B att utökas med en ny förbehandling i Sicklaanläggningen bestående av ny pumpstation, ny grov-rening och försedimenteringsbassänger. Befintliga volymer i Henriksdalsanläggningen har bedömts tillräckliga för behandling av vattenfasen för dimensionerande år 2040 men anläggningen kompletteras med ny maskinutrustning och ny teknik, membranseparation. Slamhanteringen förbättras genom att den slutliga slamavvattningen flyttas från Sickla till Henriksdal, vilket avsevärt förbättrar transportsituationen till- och från verket.

Genomförandetidplanen för alternativ 4B omfattar arbete med förstudie, principförslag, tillståndsprövsprocess, systemhandlingar, detaljprojektering, upphandling och själva genomförandet (bygg och anläggning) och sträcker sig från oktober 2013 till mitten av 2020.

Den totala anläggningskostnaden uppgår för utbyggnadsalternativ 4B till 3910 Mkr, vilket genererar en kapitalkostnad på 436 Mkr/år. De beräknade drift- och underhållskostnaderna uppgår till 250 Mkr/år, vilket ger en årskostnad på 686 Mkr/år.

Stockholm Vattens styrelse tog den 4 september 2013 ett inriktningsbeslut att följa denna rekommendation. Som ett underlag till kommande genomförandebeslut har föreliggande rapport tagits fram. Den bygger helt på ovannämnda slutrapport från augusti 2013 men innehåller enbart generella avsnitt, som är alternativövergripande samt en komplett redovisning av utredningsalternativet 4B, utbyggnad av Henriksdalsverket.

Kapitel 2

Bakgrund – Utredningsuppdrag våren 2013

2 BAKGRUND – UTREDNINGSUPPDRAG VÅREN 2013

2.1 Inledning

Stockholm växer med ca 1,5%, motsvarande 15 000-20 000 personer per år, och är därmed en av Europas snabbast växande städer. Sveriges åtagande enligt Baltic Sea Action Plan, BSAP, och EUs vattendirektiv kommer att resultera i skärpta reningskrav på de svenska avloppsreningsverken, främst med avseende på kväve och fosfor.

I ett avloppsreningsverk hanteras tre produkter; avloppsvatten, slam och biogas, som alla har sina speciella krav. En förutsättning för en fortsatt verksamhet är att reningsverket kan utvecklas och byggas ut för kommande framtida förutsättningar.

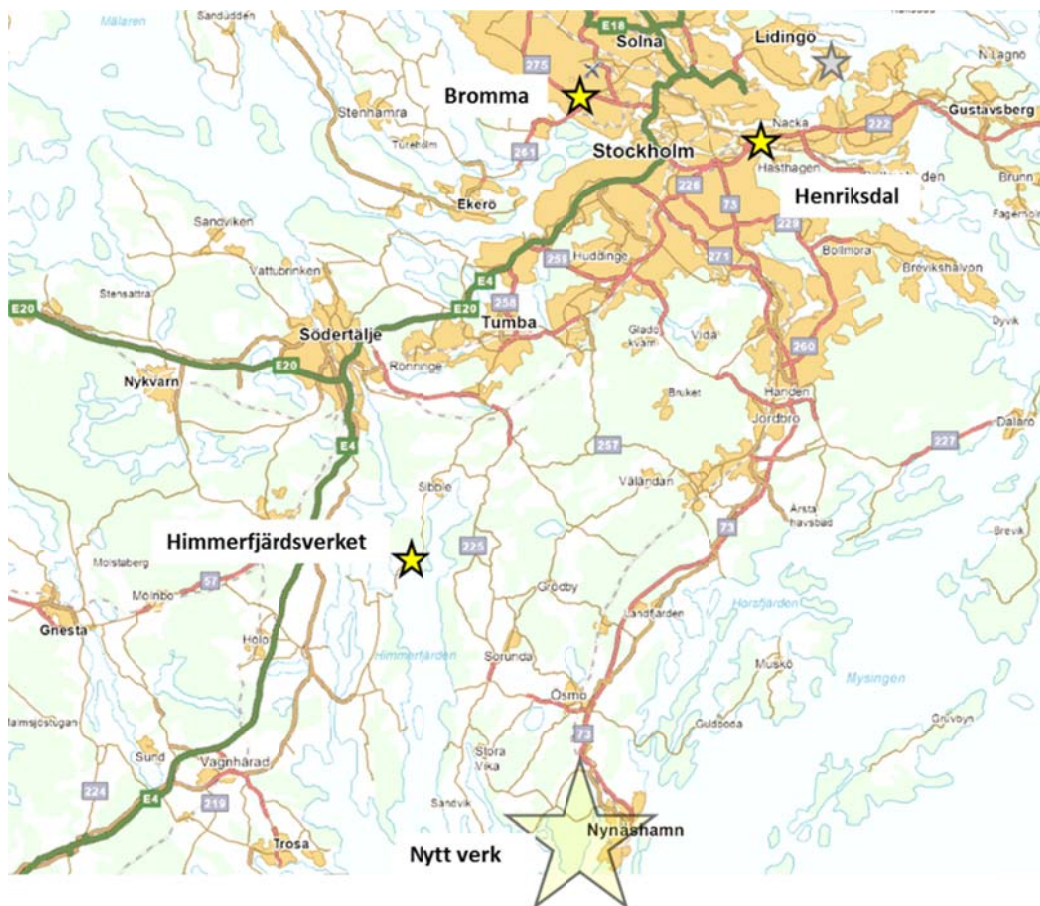
För att möta de kommande kraven på verksamheten och den ökande belastningen krävs det omfattande investeringar på Bromma och Henriksdals reningsverk, som ägs av Stockholm, Vatten AB samt på det delägda Himmerfjärdsverket.

2.2 Utredda alternativ för avloppsvattenhanteringen i Stockholm

Mot bakgrund av de stora investeringar, som kommer att krävas, och den planerade förtätningen av bostäder runt Bromma reningsverk fick Sweco under våren 2013 i uppdrag av Stockholm Vatten AB att utreda fyra fördefinierade utredningsalternativ eller vägval för Västerorts framtida avloppsvattenhantering:

1. Bromma reningsverk finns kvar och byggs ut för skärpta krav och för att minska påverkan på omgivningen.
2. Bromma reningsverk läggs ner och avloppsvattnet leds till en ny plats där ett nytt reningsverk byggs. Även avloppsvatten från Eolshäll leds till det nya reningsverket.
3. Bromma reningsverk läggs ner och avloppsvattnet leds till Himmerfjärdsverket som byggs ut för denna belastning.
4. Bromma reningsverk läggs ner och avloppsvattnet från Västerort leds till Henriksdals reningsverk som byggs ut för denna belastning. Även avloppsvatten från Eolshäll leds till Henriksdals reningsverk.

Reningsverkens geografiska positioner visas nedan i Figur 2-1.



Figur 2-1: Lokalisering av berörda reningsverk.

De fyra vägvalen gav upphov till åtta olika alternativ som studerades närmare under våren 2013. Varje utredningsalternativ berörde 3-4 olika reningsverk, vilka dimensionerades om för nya belastningsscenarier med delvis nya processlösningar.

2.3 Belastning

Med utgångspunkt från de prognoser som tagits fram för Stockholmsregionens tillväxt antogs för reningsverken i denna utredning en belastningsökning om i genomsnitt 1 % per år med avseende på anslutna personer. Detta resulterade i en ökad mängd föroreningar och ökad hydraulisk belastning. Flöden och belastning av föroreningsämnen baserades på specifik belastning, uttryckt i flöde och mängd per person och dygn som är ansluten till reningsverket, med sitt ursprung från uppmätta värden.

Belastningssituationen för de åtta alternativen sammanfattas nedan i

Tabell 2-1.

Tabell 2-1. Belastning för respektive reningsverk och utredningsalternativ.

Alternativ	A. Bromma	B. Henriksdal	C. SYVAB	D. Nytt ARV
------------	-----------	---------------	----------	-------------

1. Bromma reningsverk blir kvar	420 000 p	1 030 000 p	430 000 p	0 p
2. Bromma läggs ner och leds till ett nytt verk. Eols-håll till det nya verket.	0 p	1 030 000 p	310 000 p	540 000 p
3. Bromma läggs ner och leds till SYVAB. Eols-håll till SYVAB	0 p	1 030 000 p	850 000 p	0 p
4. Bromma läggs ner och leds till Henriksdal. Eols-håll till Henriksdal	0 p	1 570 000 p	310 000 p	0 p

2.4 Reningskrav och förutsättningar

I utredningen antogs de förväntade framtida utsläppskraven enligt BSAP gälla, se Tabell 2-2.

Tabell 2-2. Förväntade framtida krav enligt BSAP.

Parameter	Enhet	Krav enligt BSAP och Vattendirektivet	Kommentar
BOD ₇	mg/l	6	Gränsvärde per år
Tot-N	mg/l	6	Gränsvärde per år
Tot-N	mg/l	5	Produktionsmål (dimensionerande)
NH ₄ -N	mg/l	3	Produktionsmål, fullständig nitrifikation året runt
Tot-P	mg/l	0,2	Gränsvärde per år

Förutsättningar för både befintliga och alternativa reningsverk diskuterades under uppdragets inledande workshop men kompletterades därefter delvis. En sammanställning av förutsättningarna för reningsverken redovisades i rapporten, "Västerorts framtida avloppsrening -Förutsättning för reningsverk" (Grundestam och Reinius, april 2013).

2.5 Rekommenderat utbyggnadsalternativ

Under det kommande arbetet jämfördes sedan utredningsalternativen med avseende på processteknik, miljöpåverkan/arbetsmiljö, genomförande, kostnadsuppskattning samt riskanalys. En omfattande slutrapport färdigställdes under sommaren 2013, *Västerorts framtida avloppsvattenrening – Delrapport 1- Reningsverk*, daterad 2013-08-16. I denna rekommenderades utredningsalternativ 4B, som innebär nedläggning av Bromma reningsverk och överledning av avloppsvattnet från verkets nuvarande upptagningsområde tillsammans med avloppsvattnet från det forna Eolshällsverket till Henriksdals reningsverk.

Stockholm Vattens styrelse har sedan den 4 september 2013 tagit ett inriktningsbeslut att följa denna rekommendation. Som ett underlag till kommande genomförandebeslut har föreliggande rapport tagits fram. Den bygger helt på ovannämnda slutrapport från augusti 2013 men innehåller enbart generella avsnitt, som är alternativövergripande samt en komplett redovisning av utredningsalternativet 4B, utbyggnad av Henriksdalsverket.

Kapitel 3 Process och dimensionering

3 PROCESS OCH DIMENSIONERING

I detta kapitel beskrivs det förordade utbyggnadsalternativet utifrån ett processtekniskt perspektiv. Processdesign och preliminär dimensionering redovisas. De delprocesser som ingår i processkonfigurationerna presenteras i Kapitel 3.1 med kortfattad teori samt för- och nackdelar. I Kapitel 3.2 redovisas förutsättningar som har legat till grund för dimensioneringen och i Kapitel 3.3 förutsättningar för miljö- och driftaspekter. Det huvudsakliga resultatet av preliminär processdimensionering samt layouter för reningsverken sammanfattas i Kapitel **Fel! Hittar inte referenskälla.** samt i Bilaga 1 och 2. Miljö- och arbetsmiljöaspekter går igenom i Kapitel 3.55 och i Kapitel 3.66 listas saker som ligger utanför detta projekt men som bör beaktas i framtida arbeten.

3.1 Beskrivning av delprocesser

3.1.1 Grovrening och mekanisk rening

Med grovrening avses normalt anläggningsstegen galler och sandfång. Dessa steg vidtas primärt för att skilja av besvärliga föroreningar som kan åsamka problem med efterkommande processer, pumpar och annan mekanisk utrustning.

Med mekanisk rening avses normalt grovrening och försedimentering.

I denna studie ingår dessa reningsmetoder i samtliga redovisade alternativ. När det gäller galler så skiljer man på grovgaller, som ibland installeras för att skydda inloppspumparna mot stenar, betongdelar och större metallföremål, och fingaller, som i första hand skiljer av trasor, papper och finare föremål. När extra effektiv avskiljning av skräp och föroreningar krävs, som vid anläggning av membranläggningar, kan med fördel så kallade hålsilar eller hålplåtgaller användas istället för fingaller.

Avskilt rens från galler och silar tvättas och pressas normalt innan det körs bort i containern till deponi eller förbränning. Renset kan också tuggas sönder i dispergeringsanläggningar och pumpas direkt till rötkammare för ökad produktion av biogas.

Efter galler eller silar installeras ofta sandfång för att sand och andra större föroreningar ska avskiljas. Dessa sandfång kan vara luftade för att syresätta vattnet och reducera luktproblem samt eventuellt också medverka till oxidering av tvåvärda fällningskemikalier till mer effektiva trevärda. Den avskilda sanden tvättas ofta i sandtvättar för att göra det möjligt att återanvända den.

Den mekaniska reningen avslutas normalt med försedimentering, där slam och mindre partiklar avskiljs innan avloppsvattnet leds vidare för ytterligare rening.

3.1.2 Slambehandling

Under de olika reningsprocesserna bildas slam, ofta i stor omfattning, och detta slam måste hanteras på lämpligt sätt för att om möjligt utnyttja den resurs som slammet delvis är men också bli kvitt det när den värdefulla delen tagits tillvara. De flesta behandlingsmetoderna går ut på att minska slammets innehåll av vatten.

Det mekaniska slammet, som avskiljs i försedimenteringen, får till att börja med förtjockas i försedimenteringsbassängernas slamfickor och sedan eventuellt förtjockas vidare i gravitationsförtjockare eller mekaniska förtjockare som centrifuger eller bandförtjockare.

Det biologiska slammet, som utgörs av mikroorganismer, kan behandlas med samma typ av utrustning som primärslammet. Utöver förtjockning i gravitationsförtjockare och mekaniska förtjockare förtjockas detta slam ibland även genom flotation, där den koncentrerade slamfasen istället för att sjunka till botten stiger till reaktorns yta för avskiljning.

Slutligen kan kemiskt slam, som bildats vid kemisk fällning, behandlas antingen separat på samma sätt som de ovan beskrivna typerna av slam eller tillsammans med dessa som blandslam.

Genom stabilisering av slammet på anaerob väg i rötkammare kan värdefull biogas utvinas för uppvärmning, elproduktion eller fordonsgasproduktion. Rötslammet avvattnas i centrifuger eller pressar till 25-32% torrsubstanshalt (TS) innan det normalt körs iväg för användning.

Vid vissa reningsverk kan slammets innehåll av vatten ytterligare minskas genom torkning upp till 85% TS. Denna höga TS-halt innebär att slammet blir mycket billigare att transportera och att det lättare kan användas som gödningsmedel på jordbruks- eller skogsmark. Slammet kan också brännas i förbränningsanläggningar för värme- och elproduktion.

En viktig parameter att beakta i samband med slambehandling är kravet på hygienisering. En ny slamförordning, som presenteras under hösten 2013, kommer att medföra nya striktare regler för slamhygienisering som troligtvis kommer tvinga fram förändringar i slamhanteringen på många av Sveriges reningsverk. Detta projekt omfattar dock inte kommande krav på hygienisering utan de processer som används idag antas vara tillräckliga.

3.1.3 Biologisk rening och separation

3.1.3.1 Aktivslam med konventionell eftersedimentering

Aktivslam är den absolut vanligaste processutformningen vid svenska avloppsreningsverk. Processen består av biovolymen med aktivt slam samt eftersedimenteringsbassänger för separation av slam- och vattenfas, samt recirkulation av slam. Kritiskt för att processen ska fungera väl är att eftersedimenteringen fungerar bra, vilket förutsätter väl-dimensionerade sedimenteringsvolymen samt slam med goda sjunkegenskaper.

Fördelar med tekniken

Aktivslamprocessen är välkänd och välstuderad, vilket har gjort processen relativt driftsäker och enkel att styra. Inga ökade krav på driftpersonalen medförs. Redundansen beror på antalet linjer i anläggningen vilken kan utformas efter behov men begränsas av anläggningskostnaden som ökar med antalet linjer.

Nackdelar med tekniken

Eftersedimenteringsbassängerna kräver stort utrymme. Vid höglöden eller perioder med dåliga slamegenskaper kan slamflykt ske vilket kan leda till stora utsläpp samt till reducerad reningskapacitet i den biologiska processen. Kemisk fällning för fosforreduktion är nödvändigt.

3.1.3.2 Avgasning

Avgasning av aktivslam är en teknik för att effektivisera bioreaktorerna och förbättra slamegenskaperna i ett aktivslamsystem med kväverening. Genom införande av avgasning i en aktivslamprocess erhålls förbättrade slamegenskaper vilket gör att eftersedimenteringen kan belastas hårdare. Därmed kan antingen en högre slamhalt i biosteget upprätthållas eller minskad eftersedimenteringsyta nyttjas.

Tekniken bygger på att hela slamströmmen från bioreaktorerna in till sedimenteringen utsätts för vakuum genom att det med hävertverkan leds genom ett avgasningstorn. Konstruktionen av ett torn kräver utrymme i höjdlängd och tekniken kräver dessutom ett hydrauliskt fall på ca 0,4 m.

Idag finns minst ett 40-tal anläggningar i drift på tre kontinenter. I Sverige finns för närvarande inga anläggningar med avgasningsteknik installerad men i ett samarbete mellan Stockholm Vatten AB, Käppalaförbundet, Svenskt Vatten, LTH, NSVA, VA-syd och Sweco pågår försök för att utvärdera tekniken.

Fördelar med tekniken

Genom införande av avgasning kan kapaciteten i en befintlig aktivslamanläggning med kväverening ökas markant. Tekniken är enkel och kostnaderna för konstruktion och drift är relativt små. Inga kemikalier åtgår. Med två avgasningstorn per aktivslamlinje säkerställs god redundans.

Nackdelar med tekniken

Tekniken är relativt obeprövad och oberoende utvärderingar av tillämpningen saknas. Jämfört med en AS-process utan avgasning ökar energibehovet pga. vakuumpumpen i avgasningstornet.

3.1.3.3 Membranbioreaktor(MBR)

Bakgrund:

Tekniken bakom MBR har funnits sedan 1960-talet men varit förhållandevis dyr och av den anledningen endast använts för speciella tillämpningar. Ett flertal reningsverk med MBR-teknik finns idag utomlands men ingen större anläggning är i drift i Sverige. Med stadigt sjunkande priser för membranen och minskad energiförbrukning för drift har investerings- och driftkostnaderna idag minskat till en nivå som gör tekniken mer konkurrenskraftig. De allt högre kraven på rening av kväve och fosfor i kombination med befolkningsökning har lett till att många reningsverk måste byggas ut. I de fall då utrymmet för utbyggnad är begränsat är MBR-teknik ofta en reell lösning. MBR-tekniken har ett betydligt mindre fotavtryck än en konventionell aktivslamanläggning (AS) på grund av att sedimenteringsbassänger och poleringsfilter blir överflödiga och biosteget kräver mindre volym då det kan drivas med betydligt högre slamhalt. Anläggningskostnaden för att implementera MBR-tekniken är ofta likvärdig med kostnaden för utbyggnad av ett konventionellt AS-reningsverk medan drift- och underhållskostnaderna är högre för MBR-tekniken pga. bl.a. luftning och kemisk rengöring av membranen, ökad recirkulation och membranbyten (Cote et al. 2012)¹.

¹ Pierre Cote, Zamir Alam, Jeff Penny (2012) Hollow fiber membrane life in membrane bioreactors (MBR). Desalination 288, p. 145–151

Teknik:

När MBR-tekniken tillämpas inom avloppsvattenrening kombineras membranteknik med en aktivslamprocess, som kan utformas med zonindelning efter önskemål, där MBR-moduler sänks ner i aktivslamtanken. I MBR-processen fungerar membranet som ett filter och separerar suspenderade ämnen (SS) från det biologiskt renade avloppsvattnet. Resultatet blir ett mycket klart utgående vatten där efterföljande poleringssteg inte är nödvändigt. Det avskilda slammet återcirkuleras som returslam och tillväxten av mikroorganismer tas ut som överskottslam.

För att undvika igensättning av membranen måste det slam som ansamlas längs ytan kontinuerligt avlägsnas, detta görs normalt med hjälp av luft. Dessutom bildas med tiden biofilmspåväxt på membranytan som gör att filtret sätter igen och MBR-reaktorns kapacitet reduceras. För att avlägsna biofilm används vanligtvis kemikalier, tex natriumhypoklorit (NaClO) i kombination med saltsyra, ättiksyra och/eller oxalsyra.

Själva membranenheten i en MBR-process består, förutom membranen, av moduler eller kassetter som membranen monteras i, ett luftningssystem för avlägsnande av slamkaka samt ett system för kemisk rengöring av membranen. Modulerna/kassetterna anläggs sedan i ett flertal linjer eller celler. Hur installationen slutligen ser ut beror av membrantyp och leverantör.

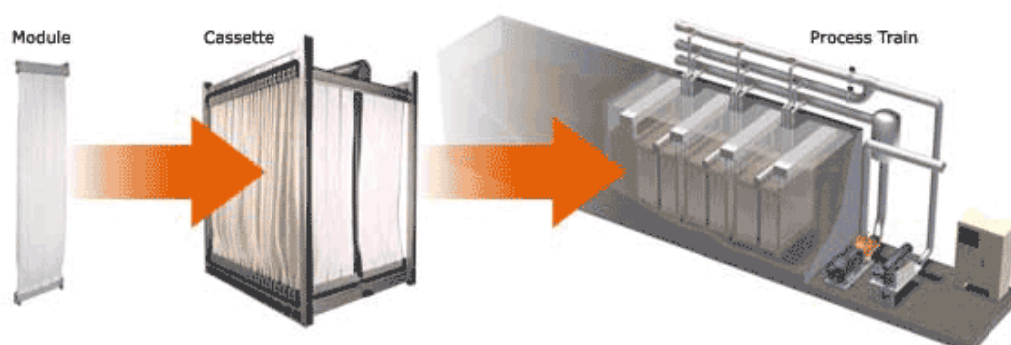
De två huvudsakliga membrantyper som används för vatten- och avloppsrening i dag är Hollow fibre (HF) och Flat sheet (FS).

Hollow fibre MBR:

HF- eller spagettimembran är utformade som tuber med en diameter på ca 0,5-2 mm i diameter vilka är monterade på en kasset/modul. Filtringen drivs av vacuum som appliceras via en pump varvid vätska flödar utifrån, genom membranet och in i tuben. Tubernas ändar är anslutna till en uppsamlingskanal för permeat som är en del av kasset- tens ram. Figur 3-1 visar en processteknisk lösning för HF-membran.

HF-membran har fördelen att kunna packas tätt (minimallt fotavtryck) och membranen kan även enkelt backspolas. Flera MBR-anläggningar med HF-membran för avloppsvattenrening finns i drift runt om i världen. En av nackdelarna med HF-membran är rengöringsbehovet och det höga underhåll som krävs. Luftningen i botten av membranmodulerna/kassetterna nyttjas inte optimalt då tubernas relativa distribution är slumpmässig. För att säkerställa att slamkakor inte bildas backspolas membranen pulsvis. Dessutom orsakar vacuumet ett högt tryck över membranen som i sin tur gör att partiklar trycks in i porerna och orsakar igensättning och biofilmstillväxt som är svår att avlägsna. Därmed krävs regelbunden kemisk rengöring genom backspolning med kemikalier. Förbrukade kemikalier, i mycket låg koncentration, går ut i MBR-tanken och blandas med slammet. Utöver dessa underhåll måste HF-membran genomgå återhämtningsrengöring en till ett par gånger per år då varje linje/cell töms för kemisk behandling av membranen.

Livstiden för HF-membran är ca 10 år.



Figur 3-1. Exempel på MBR-utformning för HF-membran (GE water and process technology).

Flat sheet MBR:

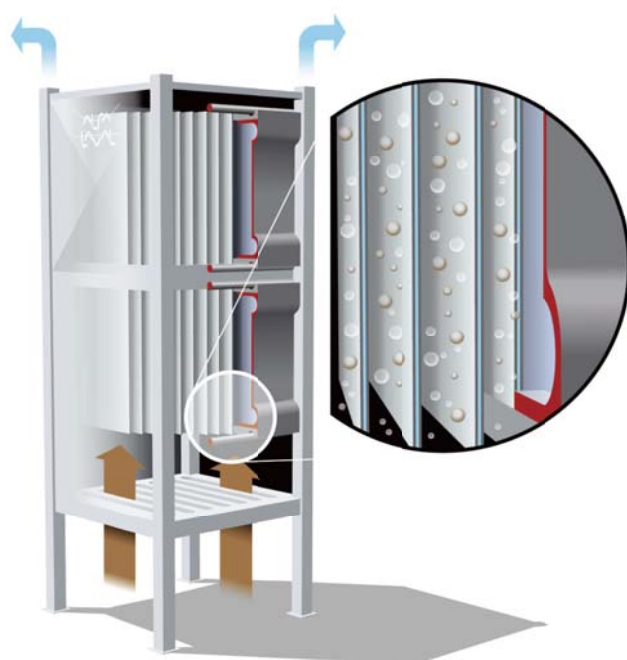
FS-membran har plan konfiguration och är i huvudsak rektangulära paneler, även om andra utformningar finns för membranmoduler avsedda att rotera. De flesta av de rektangulära panelerna är styva och monterade på en fast ram. Styva paneler har en stödplatta i plast till vilken membranets kant är fastsvetsad från båda sidor. Vatten strömmar från utsidan till insidan av panelen med hjälp av gravitation och leds till utloppsledning- ar/kanaler. Figur 3-2 visar en processteknisk lösning för FS-membran. Ett grovblåst luftsystem används för att undvika att slammet sätter igen membranet. Då luftbubblorna stiger i mellanrummen mellan panelerna säkerställs att hela membranytan rengörs varvid pulsvis backspolning inte blir nödvändigt. Eftersom FS-membran generellt drivs med ett lägre tryck över membranerna än HF-membran krävs inte lika omfattande rengöring. Regelbundet, ca 2-6 ggr/år under 2-4 h, görs en kemisk rengöring av membranerna. Rengöringen sker utan tömning av membrantanken genom att dosera lågkoncentrerade kemikalier i permeatkanalerna och backspola systemet. Om inga driftstörningar inträffar behöver MBR-tankarna aldrig tömmas. Detta gör att FS-membranerna kräver mycket lite underhåll och förbrukar relativt lite kemikalier. Livstiden för FS-membran är ca 10 år.

Kraven på förbehandling i galler är lägre än för HF-MBR. En spaltvidd/perforering på 2-3 mm räcker medan HF-MBR kräver 0,5-1,0 mm. Nackdelar med FS jämfört med HF i MBR är tex att fotavtrycket generellt är större liksom energiförbrukningen för luftning.

Flat Sheet-membran MBR, Alfa Laval:

I detta uppdrag har en typ av FS-membran utvecklade av Alfa Laval används vid dimensionering. Valet av FS-membran är sammankopplat med det låga underhållsbehovet för denna typ av membranreaktorer.

En fördel med Alfa Laval's membranlösning jämfört med en del andra typer av FS-lösningar är att membranerna monterats på en perforerad polypropylensskiva med tätt packade längsgående kanaler där permeatet avleddes. Genom att utnyttja hela skivans yta för att avledda vatten uppstår ingen hydraulisk begränsning i membranenheter, trycket över membranet är nära noll och membranet saknar "döda" ytor. Det låga trycket gör att biofilmpåväxten begränsas, livslängden på membranerna ökar och drifttiden mellan rengöringar ökar.



Figur 3-2. MBR-modul av typen Flat sheet (Alfa Laval)

Det låga trycket som behövs över membranen gör att de kan drivas med gravitation varvid ingen pumpning krävs. Ytterligare energibesparingar kan göras genom att använda två- eller trevåningsmoduler där samma luft nyttjas för rengöring av en större yta jämfört med envåningsmoduler.

Observera att det i uppdragets omfattning inte ingår att utreda olika typer eller leverantörer av membran. En jämförande analys av de olika membrantypernas kapacitet, energi- och kemikalieförbrukning, processtekniska för- och nackdelar samt drift- och underhållsbehov rekommenderas om Stockholm Vatten AB väljer att gå vidare med ett utredningsalternativ som omfattar MBR.

Fördelar med tekniken

MBR-tekniken ger utrymmesmässigt en kompakt anläggning som lämpar sig vid uppgradering av befintliga anläggningar där man kan utnyttja befintliga bassängvolymmer. Tekniken möjliggör en mycket hög avskiljningsgrad med i stort sett partikelfritt utgående vatten. Detta är en fördel t ex i storstadsområden med känsliga recipienter och höga krav på utgående vatten. I områden med vattenbrist möjliggör tekniken återanvändning av renat avloppsvatten för t ex bevattning. Generellt sett medför MBR-tekniken god redundans eftersom varje linje vanligen innehåller ett relativt stort antal moduler som är indelade i flera celler.

Nackdelar med tekniken

Membranen kräver underhåll för att inte porerna ska sätta igen pga. partiklar eller kemfällning. Ett väl utvecklat system för övervakning/kontroll av membranens kapacitet och åtgärder då kapaciteten minskar är essentiellt. Kontinuerlig luftblåsning av membranytan och regelbunden rengöring med kemikalier är nödvändig vilket medför energi- och kemikaliekostnader. Membranen har en begränsad livslängd och behöver bytas ut regelbundet. Även detta bidrar till en hög driftskostnad.

3.1.3.4 Långtgående kväverening med för- och efterdenitrifikation

Det finns många olika processlösningar för att erhålla biologisk kväverening på ett avloppsreningsverk. I särklass vanligast vid svenska reningsverk är aktivslamprocessen med fördenitrifikation och nitrifikation. Kvävereningen i denna processutformning begränsas praktiskt av nitratrecirkulationen och biokemiskt av tillgången till kolkälla i inkommande förbehandlat avloppsvatten.

För att erhålla långtgående kväverening kan därför fördenitrifikation och nitrifikation kompletteras med efterdenitrifikation (EDN), se Figur 3-3. Den mängd nitrater som inte recirkuleras tillbaka till fördenitrifikationszonen denitrifieras i EDN-zonen med hjälp av hydrolyserat slam (endogen kolkälla) och extern kolkälla, t.ex. metanol. Med en sådan processutformning kan man teoretiskt komma ner i nära nollutsläpp av kväve. Processen kan med fördel utformas med en deox-zon före EDN-zonen för att säkerställa en syrefri miljö samt en luftad reox-zon efter EDN-zonen för att driva av bildad kvävgas samt bryta ned eventuell kvarvarande kolkälla. I MBR-processer utgör MBR-enheterna i sig reox-zoner.

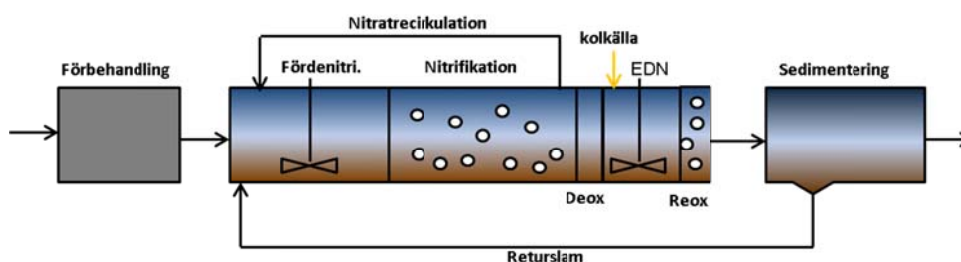
En processlösning med fördenitrifikation, nitrifikation och efterdenitrifikation kan drivas som en konventionell aktivslamprocess, en aktivslamprocess med avgasning eller som en MBR-process.

Fördelar

Flexibel process som möjliggör långtgående kvävereduktion. Enkel och robust drift. Möjlighet till endogen denitrifikation utan tillsats av kolkälla i EDN-zonen under varma årstider. Inga ökade krav på driftpersonalen medförs. Redundansen beror på antalet linjer i anläggningen vilken kan utformas efter behov men begränsas av anläggningskostnaden som ökar med antalet linjer.

Nackdelar

Man är beroende av internrecirkulation av nitrater. Efterdenitrifikation kräver tillsats av extern kolkälla. Kemisk fällning för fosforreduktion är nödvändigt.



Figur 3-3. Blockschema över aktivslamprocess med för- och efterdenitrifikation.

3.1.3.5 Sidoströmshydrolys (SSH)

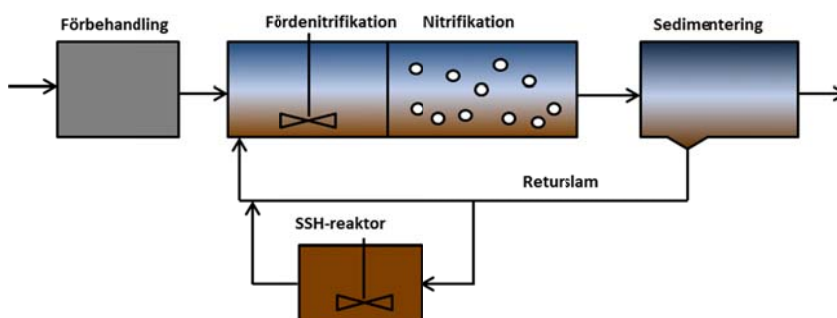
Sidoströmshydrolys, SSH, är ett processteg som möjliggör biologisk fosforreduktion och där lättillgänglig kolkälla produceras för ökad fördenitrifikationskapacitet. Omkring 5-10% av returslammet leds till en oluftad SSH-reaktor med en uppehållstid på ca 20-30 h, se Figur 3-4. I SSH-reaktorn hydrolyseras slammet varvid långa kolkedjor och stora biomolekyler bryts ner till lättillgängligt kol såsom flyktiga fettsyror (VFA) och alkoholer. Samtidigt som hydrolysen sker aktiveras bio-P-bakterier i slammet, vilka tar upp delar av producerad VFA och släpper ut fosfor. När dessa bakterier sedan återförs med returslammet till vattenlinjen och når den luftade zonen tar de istället upp lösta fosfater samtidigt som de släpper ut VFA. Fosforupptaget är alltid större än fosforsläppet vilket leder till att fosfor kan avlägsnas från processen med överskottslammet. En bio-P bakterie kan innehålla upp till 5% fosfor (av TS) jämfört med ca 2% i "vanliga" bakterier.

Fördelar

Processen är enligt svenska och danska erfarenheter lättskött och stabil. Den kan ge en ökad fördenitrifikationshastighet. Biologisk fosforreduktion (Bio-P) medför minskad kemikalieåtgång för fosforfällning. Bio-P processer möjliggör återvinning av fosfor samt en hög redundans. Processen kan drivas utan SSH-enhet vid behov.

Nackdelar

Ytterligare processvolym krävs.



Figur 3-4. Blockschema över aktivslamprocess med fördenitrifikation och SSH-volym.

3.1.3.6 Aktiv returslamprocess (ARP)

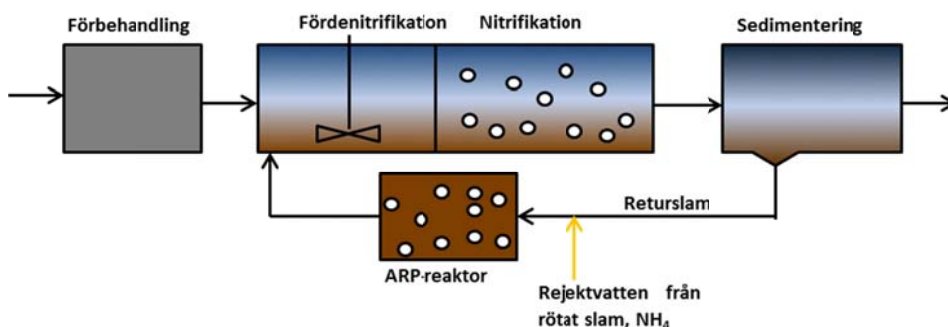
I aktivreturslamprocessen luftas hela returslamflödet i en separat volym där ammoniumrikt rejektvatten tillförs, se Figur 3-5. På så sätt blir ARP-volymen en ympreaktor för nitrifierare. Eftersom slamhalten i ARP-reaktorn är högre än i huvudvattenlinjen innebär införandet av en ARP-volym att den totala luftade volymen kan reduceras. Då ARP-reaktorn är separerad från huvudvattenlinjen är slammet som inryms i volymen skyddat mot utspolning vid högflöden.

Fördelar

Enkel utformning, robust process med reducerad luftad volym, stabil och skyddad nitrifikation. Minskar nitratrecirkulationsbehovet. Ökad redundans jämfört med vanlig AS-process med nitrifikation då nitrifikationen här sker i två volymer per linje. Inget kemikaliebehov.

Nackdelar

Utgör ytterligare en processvolym. Stor risk för igensättning av rejektvattenledningar. Tekniska tillämpningar såsom FluidLiner-system kan nyttjas för att minimera utfällningar och igensättning.



Figur 3-5. Blockschema över aktivslamprocess med ARP-reaktor.

3.1.4 Rejektivattenrening med DeAmmon

Genom att rena det högkoncentrerade vatten som genereras i slambehandlingen i ett separat rejektivattenreningssteg kan huvudlinjen avlastas och den totala erforderliga biologiska volymen minskas. DeAmmon som finns installerat på Himmerfjärden är ett exempel på ett sådant reningssteg.

Processen som den är utformad på Himmerfjärdsverket, med rörligt bärarmaterial, bygger på att ammoniumoxiderande bakterier omvandlar ammonium till nitrit i biofilmens yttre skikt som har kontakt med den syresatta bulkvolymen. I biofilmens inre finns inte syre och där omvandlar anammoxbakterier ammonium och nitrit till kvävgas.

Fördelar

DeAmmon-processen har en låg syreförbrukning jämfört med mer konventionell kväverening. Rejektivattenrening innebär minskad kvävebelastning på huvudvattenlinjen. Inget behov av extern kolkälla eller andra kemikalier.

Nackdelar

Relativt få referensanläggningar. Även om anammoxbakterierna sannolikt inte producerar lustgas bidrar de höga nitrithalterna till en ökad risk för högre lustgasutsläpp än konventionell kväverening. Anammoxbakterierna har en mycket låg tillväxthastighet vilket innebär att en uppstart efter exempelvis en processtörning kan ta lång tid. Implementering av DeAmmon-process innebär ytterligare ett reningssteg att driva och underhålla. Redundansen beror av antalet linjer. Generellt är antalet linjer för rejektivattenbehandling färre än antalet avloppsvattenreningslinjer, vilket innebär en något lägre redundans.

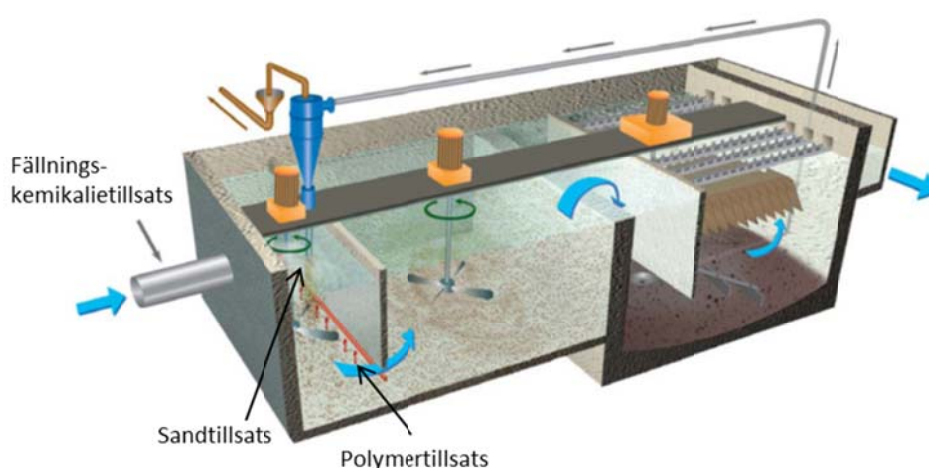
3.1.5 Högflödesbehandling

Med högt ställda reningskrav är det viktigt att behandla allt inkommande avloppsvatten i högsta möjliga grad. För att slippa dimensionera eller bygga ut det biologiska reningssteget för höga flöden som infaller sällan kan det vara mer kostnadseffektivt att inkludera ett separat kemiskt/mechaniskt reningssteg som används vid högflöden.

För alternativen i denna utredning är tanken att grovrenat och försedimenterat avloppsvatten förbileds det biologiska reningssteget då flödet överstiger den dimensionerande parameter $Q_{\max\text{bio}}$ vilken har angivits av Stockholm Vatten. Tre stycken processtekniska metoder för högflödesbehandling har studerats: Actiflo, fällning/flockning på sandfilter och fällning/flockning på skivfilter.

3.1.5.1 Actiflo

Actifloprocessen är en typ av effektiviserad direktfällning där tillsats av fällningskemikalie, polymer och mikrosand följs av sedimentering i ett lamellsedimenteringssystem. Den största skillnaden mot konventionell direktfällning är att mikrosand används som ballastmaterial. Det gör att flockarna blir tyngre och sjunker snabbare. Polymertillsatsen gör att flockarna blir starka samt att en ökad del löst material kan avskiljas. Lamellutförandet bidrar till att sedimenteringsdelen tar mycket mindre plats än i ett konventionellt utförande. Utformningen presenteras i Figur 3-6.



Figur 3-6. Bild princip Actifloanläggning. Bild modifierad från Veolia Water.

Fördelar

En Actifloanläggning kräver liten yta, går snabbt att starta och klarar stora variationer i belastning och avloppsvattensammansättning. Metoden är beprövad och har uppnått överlag goda resultat.

Nackdelar

Processen kräver en del intrimning. Sandtvätten måste vara väl inställd så att en minimal mängd sand går vidare med slammet och riskerar att slita på utrustning. En liten del sand följer med utgående vatten vilket innebär en driftkostnad, och det kan eventuellt behöva kontrolleras att flödet i utgående kulvert är så pass högt att sanden inte sedimenterar på botten. Generellt anläggs inte många parallella linjer vilket ger låg redundans.

3.1.5.2 Sandfilter

Vid rening av förbiledningsvatten i sandfilter tillsätts polymer och fällningskemikalie under god inblandning strax före filtret. Något speciellt flockningssteg är inte nödvändigt eftersom mikroflock är att föredra vid filtreringen. Om det inte redan finns sandfilter tillgängliga är sandfiltrering inte särskilt vanligt för bräddvattenbehandling.

Fördelar

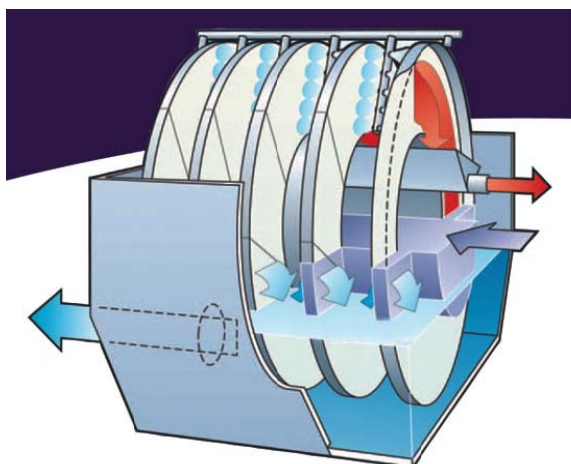
Fördelen med sandfiltrering av bräddvatten är, i det här specifika fallet, att det finns filter tillgängliga som kan konverteras och användas. Tekniken kräver inte så mycket underhåll, och systemet är flexibelt eftersom det går att välja hur många filter som ska tas i drift. Redundansen är hög.

Nackdelar

Det krävs både luft och vatten till spolning. Om det inkommande vattnet innehåller fettfraktioner och stora mängder suspenderat material riskerar filtren att snabbt sättas igen. Reningsteget kräver kemikalietillsats i form av metall. Inblandningen av fällningskemikalie måste utformas för så effektiv användning av kemikalierna som möjligt.

3.1.5.3 Skivfilter

Skivfilter är en typ av mikrosilar med väldigt stor filterarea i ett kompakt utförande, se Figur 3-7. Rening av förbiledningsvatten i skivfilter föregås av kemisk fällning och flockning, antingen i separata volymer eller direkt i inloppsrören. För att god avskiljning ska fås i skivfilter krävs att de bildade flockarna är tillräckligt starka för att tåla stora skjuvkrafter utan att gå sönder. Utprovning av optimala fällningskemikalier är därför av stor vikt. Normalt används både fällningskemikalie och polymer.



Figur 3-7. Skivfilter, principfigur. Bild från Hydrotech.

Fördelar

Skivfilter kräver relativt liten yta. Systemet är flexibelt eftersom det går att välja hur många filter som ska tas i drift. Designen är rekommenderad att omfatta ett extra filter för god redundans. De nya skivfilter som finns på marknaden kräver inte mycket manuellt underhåll.

Nackdelar

Vid koagulering och flockning före ett skivfilter finns risk för att filtren sätter igen. Rengöring med kemikalier krävs. Metoden är relativt oprövad för rening av förhållandevis smutsig avloppsvatten. Viktigt att grovrening och försedimentering fungerar väl för att undvika igensättning. Metall och polymer förbrukas.

3.2 Gemensamma förutsättningar för dimensionerande beräkningar

3.2.1 Anslutning och flöden

Antalet anslutna personer till de utredda avloppsreningsverken år 2040 har tagits fram av Stockholm Vatten AB för respektive om/utbyggnadsfall, se Tabell 3-1.

Dygnsmedelflöden (Q_{medel}) och maximala flöden som kommer till reningsverken (Q_{max}) samt de maximala flöden som skall kunna renas biologiskt ($Q_{max,bio}$) är också angivna av Stockholm Vatten AB och redovisas i Tabell 3-1. Inget avloppsvatten förutsätts brädda förbi reningsverken.

Tabell 3-1. Dimensionerande anslutning och flöden år 2040 i m³/s (jfr

Tabell 2-1).

	1A	1B	1C	2D	3C	4B	4C
Pers.	420 000	1 030 000	430 000	540 000	850 000	1 570 000	310 000
Q _{dim}	1,60	3,35	1,94	2,03	3,55	5,38	1,52
Q _{max}	4,0	10,0	4,0	5,0	8,0	15,0	4,0
Q _{maxbio}	3,5	6,5	3,1	4,0	7,0	10,0	2,5
Q _{förbildning, max}	0,5	3,5	0,9	1,0	1,0	5,0	1,5

3.2.2 Belastning

För varje alternativ i utredningen erhålls dimensionerande belastning från den av Stockholm Vatten prognostiserade anslutningen samt en angiven specifik belastning för ett antal viktiga avloppsvattenkomponenter, se Tabell 3-2.

Tabell 3-2. Dimensionerande specifika mängder år 2040. Data från Stockholm Vatten AB.

Parameter	Enhet	Värde
BOD ₇	g/p,d	60
Tot-N	g/p,d	12
Tot-P	g/p,d	1,6
SS	g/p,d	70

3.2.3 Förbildning biologisk rening (Högflödeshantering)

För Henriksdals avloppsreningsverk antas inkommande flöde överstiga Q_{maxbio} 3% av tiden. För att beräkna den mängd föroreningar som på årsbasis förbileds det biologiska reningssteget antas förbiledningsflödet uttryckt som årsmedel vara halva det maximala, d.v.s. (Q_{max}-Q_{max,bio})/2. Dessutom antas det att halterna i det förbehandlade avloppsvattenet under förbiledningssituationer i medel är samma som dygnsmedelhalterna.

3.2.4 Temperatur

Dimensioneringen görs för två processtemperaturer, 12 °C och 17 °C. Dessa antas vara representativa medeltemperaturer för vinter- respektive sommarhalvåret.

3.2.5 Dimensioneringsparametrar för processberäkningar

3.2.5.1 Förfällning och avskiljning försedimentering

Förbehandlingen antas omfatta kemisk fällning med tvåvärt järn och en likvärdig reduktionsgrad över försedimenteringen för samtliga avloppsreningsverk enligt Tabell 3-3.

Tabell 3-3. Reduktion av föroreningsämnen över försedimenteringen.

Parameter	Enhet	Värde
-----------	-------	-------

BOD ₅	%	50
Tot-N	%	10
Tot-P	%	30
SS	%	60

3.2.5.2 Simultanfällning

I samtliga alternativ nyttjas förfällning med tvåvärt järn. Detta leder till att en del av järnet läcker över till biosteget och simultanfäller ut fosfor som hamnar i bioslammet, se avsnitt 3.2.5.4.

I de alternativ där membranreaktorer används, alternativ 1C, 3C, 4B och 4C, måste fällningskemikalie (Fe^{2+}) doseras även i biosteget, förslagsvis i rännan mellan efterdenitrifikation och MBR-tank. Eftersom poleringssteg såsom sand- eller skivfilter blir överflödigt då membran används för slamavskiljning försvinner möjligheten att efterfälla på filtren. Detta leder till ökad kemsamproduktion i biosteget, se avsnitt 3.2.5.4.

3.2.5.3 Primärsamproduktion och -sammansättning

Primärsamproduktionen har beräknats som summan av avskild mängd SS och mängd kemsam från fosforfällning. Kemsamproduktionen är beräknad utifrån att 1 kg utfälld fosfor bildar 4,9 kg slam (SS).

TS-halten i primärsammet är ansatt till 3,5%. Förtjockat primärsam antas ha en TS-halt på 6%.

VSS-halten i primärsammet antas vara 70% av TS. Ansatsen är densamma för samtliga alternativ då förfällning och avskiljning över försedimenteringen förutsätts vara densamma för alla fallen.

3.2.5.4 Överskottslams- produktion och sammansättning

Biosamproduktionen beräknas utifrån mängden BOD₅ in till biosteget och med en faktor för specifik samproduktion enligt ATV-DVWK-A 131E (2000). Faktorn för specifik samproduktion bestäms av total slamålder samt SS/BOD₅-kvot in till biosteget, se Bilaga 1:1.

Biosamproduktion till följd av metanoldosering i EDN-volymen beräknas som 0,4 kg SS/kg COD_{MeOH}.

Kemsam till följd av läckande förfällning beräknas som 18% av SS-belastningen in till biosteget. Beräkningen grundar sig på en massbalans över Bromma reningsverk, upprättad utifrån värden uppmätta år 2010, där förfällning och reduktion över försedimenteringen var ungefär desamma som i de förutsättningar som redovisas här.

Kemsamproduktion till följd av simultanfällning beräknas utifrån att 1 kg utfälld fosfor bildar 4,9 kg slam (SS).

SS-halten i överskottslammet antas vara 2×SS-halten i biosteget, se Bilaga 1:1. Förtjockat överskottslam antas erhålla en TS-halt på 5%.

VSS-halten i överskottslammet (biosam plus kemsam) antas utgöra 67% av SS i processer utan MBR, baserat på data från Bromma reningsverk år 2011 då förfällning och avskiljning över försedimenteringen var likvärdig vad som ansatts i denna utredning. I

processer med MBR antas VSS utgöra 60% av TS i överskottslammet eftersom simultanfällning för fosfatreduktion i biosteget leder till högre kemsamproduktion.

Kvävehalten i överskottslammet förutsätts uppgå till 8% av VSS. Fosforhalten antas utgöra 1,5% av VSS med undantag för alternativen 1A och 2D där SSH-volymen gör att bio-P-processen kan utnyttjas varvid fosforhalten i VSS förväntas uppgå till 4,0%.

3.2.5.5 Dimensionering nitrifikationsvolym

Luftade volymer för nitrifikation dimensioneras utifrån slamålder i enlighet med ATV-DVWK-A 131E. Vid 12°C respektive 17°C är den dimensionerande slamåldern 8,2 samt 5,0 d. Resultatande nitrifikationshastigheter har beräknats i kontrollsyfte.

Processerna i 1A och 2D omfattar ARP-volymer. Vid dimensionering har ARP-volymer valts så att de utgör 20% av den nödvändiga luftningsvolymen.

I de fall processen omfattar MBR-teknik har volymen där MBR-enheterna placerats inte räknats in i den luftade volymen.

3.2.5.6 Dimensionering denitrifikationsvolym

Denitrifikationsvolym har beräknats utifrån ansatta denitrifikationshastigheter:

- Initial fördenitrifikationshastighet vid 12 respektive 17°C antas vara 2,2 samt 2,8 g $\text{NO}_3\text{-N/kg VSS, h}$.
- Sekundär fördenitrifikationshastighet vid 12 respektive 17°C antas vara 0,9 samt 1,1 g $\text{NO}_3\text{-N/kg VSS, h}$.
- Efterdenitrifikationshastigheten vid metanoltillsats vid 12 respektive 17°C antas vara 3,9 samt 5,0 g $\text{NO}_3\text{-N/kg VSS, h}$.

Denitrifikation vid initial fördenitrifikationshastighet nyttjar lättillgängligt kol i inkommande förbehandlat avloppsvatten, vilket antas utgöra 50% av BOD_5 -belastningen. För att denitrifiera 1 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ antas 4 kg BOD_5 åtgå.

I de fall där långa avloppstunnlar (50 km) med hög uppehållstid för avloppsvattnet förekommer förväntas 50% av den lättnedbrytbara kolkällan förbrukas innan avloppsvattnet når reningsverket.

Efterdenitrifikationsvolymen dimensioneras för att processen ska klara utsläppskraven på kväve, inklusive bräddat vatten. Vid efterdenitrifikation antas 3,5 kg COD_{MeOH} åtgå för att denitrifiera 1 kg $\text{NO}_3\text{-N}$.

3.2.5.7 Dimensionering av SSH-reaktor

SSH-reaktors volym bestäms utifrån dimensionerande kvot mellan slamåldern i SSH-reaktor och en totala slamåldern. Kvoten $\text{SRT}_{\text{SSH}}/\text{SRT}_{\text{TOT}}$ är ansatt till 0,2 och bestäms utifrån förhållandet mellan inkommande COD och totalfosfor. Slamhalten i SSH reaktor antas vara densamma som i returslammet/överskottslammet.

3.2.5.8 Eftersedimentering och avgasning

Dimensioner för eftersedimenteringsbassänger bestäms utifrån slamytbelastningen vid Q_{maxbio} som inte bör överstiga 4,4 kg SS/ m^2 , h. I processer med slamavgasning (1B) antas eftersedimenteringen fungera väl med en slamytbelastning på 4,5 kg SS/ m^2 , h.

3.2.5.9 MBR-enheter

Design av MBR-enheter har utförts i ett samarbete mellan Sweco och Alfa Laval. Designen baseras på flux samt Q_{medel} , Q_{max} , varaktighet av Q_{max} , temperatur, returflöde, luftflöde samt applikation (kommunalt, med/utan fällning, industri, typ av industri etc).

Dimensioneringen är gjord för att ge ett flux på omkring 16-17 l/h, m² vid normalflöde och max 32 l/h, m² vid Q_{maxbio} . Vid både maxflöde och medelflöde genom biologin nyttjas hela tillgängliga membranytan i dimensioneringen. Vid drift kan sedan andra strategier nyttjas där ett något högre flux hålls över membranen och en eller flera celler stängs av. Syftet med detta är framförallt att spara energi.

3.2.5.10 Slambehandling

Avskiljningsgraden över slamförtjockare och centrifuger har ansatts till 93 respektive 98% av SS. Vid rötning antas 50% av VSS in till rötkammaren omvandlas till biogas.

3.2.5.11 Internströmmar

Filterspolavloppsvatten:

Flödet av Filterspolavloppsvatten från sandfilter antas vara 2% av Q_{dim} . Mängden SS i tvättvattnet beräknas som skillnaden i SS-koncentration in och ut ur filtren samt mängden kemslam till följd av efterfällning (4,9 kg SS/kg P utfällt). Mängden P och N i tvättvattnet antas vara partikulärt och beräknas som i avsnitt 3.2.5.4. Halten BOD₅ antas vara densamma som SS-halten.

Rejektvatten:

Rejektvattenflöden beräknas utifrån skillnaden i slamvolym in i och ut ur förtjockare och centrifuger vilket avgörs av de TS-halter som anges i avsnitt 3.2.5.4 och 3.2.5.10. SS-halten i rejecktvaattnet bestäms av ansatt avskiljningsgrad. För rejecktvaattnet från örötat slam beräknas innehållet av N, P och BOD₅ på samma sätt som för tvättvattnet.

Innehållet av kväve i rejekt från rötat slam utgörs av det kväve som frigjorts vid rötning, det vill säga 8% av nedbrutet VSS, samt det partikulära kvävet som beräknas utifrån SS-halten i rejecktvaattnet. Halten fosfor i rejecktvaattnet har antagits vara 5 mg/l då överskott av fällningskemikalie i slammet binder en del av den vid rötning frigjorda fosfaten. BOD₅-halten antas vara densamma som SS-halten.

3.2.5.12 Sandfilter för högflödesbehandling

I försök på Henriksdal utförda av Stockholm Vatten testades 16 st nya enmedia snabbfilter ihop med 44 gamla sandfilter. Det beräknades att de nya filtren behövde backspolas efter 8 h vid ett totalt flöde, jämt fördelat över samtliga 60 filter, på 7 m³/s. I detta fall kom 60% av flödet direkt från försedimenteringens utlopp. Om det antas att endast denna del av flödet bidrog till SS-belastningen och att koncentrationen på försedimenterat avloppsvatten är 100 mg SS/l kan då slamlagringskapaciteten för de nya filtren uppskattas till 3,36 kg SS/m². Resultatet är realistiskt.

I dimensioneringen (Alternativ 4B) har det antagits att samtliga sandfilter på Henriksdal har nya filtermedium med en slamlagringskapacitet om 3 kg SS/m². Kemikaliedosering har ansatts till 2 g Fe²⁺/m³.

3.2.5.13 Skivfilter för högflödesbehandling

Flockningskammare dimensioneras för en uppehållstid på 7 minuter. Kemikaliedoser är ansatta till 10 g $\text{Al}^{3+}/\text{m}^3$ samt 3 g aktiv polymer/ m^3 .

Skivfilter (Hydrotech HSF 2630) med porstorlek 60-100 dimensioneras utifrån att ett filter klarar ett flöde på 0,5 m^3/s . Dimensioneringen är gjord med redundans så att ett (1) skivfilter normalt kan stå avställt.

3.2.5.14 Actiflo för högflödesbehandling

Actiflo-processen (Alternativ 1B) dimensioneras erfarenhetsmässigt för en uppehållstid på 6,5 minuter vid maximalt flöde. Uppskattade kemikaliedoser är 10 g $\text{Al}^{3+}/\text{m}^3$ och 2 g polymer/ m^3 .

3.2.5.15 Rejektvattenrening med DeAmmon

Erforderlig volym för DeAmmon-processen har beräknats baserat på nuvarande processvolym på Himmerfjärdsverket som är dimensionerad för 480 kg N/d. Det har antagits att kvävereningsskapaciteten är proportionell mot ytan av biofilm och att samma typ av bärare och fyllnadsgrad bibehålls.

I DeAmmon-anläggningen förutsätts 80% av inkommande kväve i rejecktvattnet från rötat slam avlägsnas. Resten leds in i huvudvattenlinjen och avskiljs där.

3.3 Förutsättningar miljö- och driftaspekter

En jämförelse mellan de olika processlösningar som valts på respektive reningsverk vid de olika belastningsalternativen har gjorts med avseende på miljöpåverkan, arbetsmiljö och driftsäkerhet. Förutsättningar för jämförelserna beskrivs kortfattat nedan.

3.3.1 Miljöpåverkan

I det här avsnittet presenteras de miljöaspekter som bör beaktas vid val av lösning för Västerorts framtida avloppsvattenrening. Endast miljöaspekter som berör avloppsreningsverken tas upp. Risk för ledningsbrott och övriga miljöaspekter som gäller ledningsnät behandlas inte.

3.3.1.1 Energiförbrukning

Energiförbrukningen redovisas som förbrukning av el och värme. Elförbrukningen omfattar den direkta förbrukning av el som krävs för att driva processdelarna (luftningssystem, pumpar, centrifuger etc.) samt ventilation. Energiförbrukningen baseras på den befintliga förbrukningen (Utredningar för Bromma 2004, Henriksdal 2007 samt Himmerfjärdsverkets totalförbrukning 2012) vilken delats in olika poster och skalats upp till 2040-års förbrukning i de fall där en ökad belastning bedöms ge ökat energibehov. Utöver detta har energiförbrukningen för nya anläggningsdelar adderats. Beräkning av el-energiförbrukningen redovisas i Bilaga 3.

Värmeenergiförbrukningen baseras förbrukningen år 2012 med tillägg för nya bergutrymmen och/eller byggnader samt ökat värmebehov för uppvärmning av rötkammare från 15°C till 37°C. Henriksdal och Bromma nyttjar fjärrvärme medan Himmerfjärdsverket och det nya reningsverket nyttjar biogas för uppvärmning. Verk som nyttjar fjärrvärme antas ha en lägre miljöpåverkan än verk som utvinnet värme ur högenergetiskt bränsle såsom biogas eller el. Dessa verk levererar ofta även fjärrvärme till nätet genom utvinning ur det renade avloppsvattnet.

3.3.1.2 Biogasproduktionspotential

Biogasproduktionen är hämtad ur den preliminära processdesignen, bilaga 1:1. Biogas är en miljövänlig energikälla och stor biogasproduktion bedöms ge en positiv miljöpåverkan.

3.3.1.3 Kemikalieförbrukning

Med kemikalieförbrukning menas förbrukning av fällningskemikalier till för-, efter- och simultanfällning, fällningskemikalier och polymer till höglödesrening, polymer till slamförtjockning och slamavvattnings, metanol till efterdenitrifikation samt rengöringskemikalier till skivfilter och membran. Verkstadskemikalier, eventuella skumdämpare med mera ingår inte.

Uppskattade fällningskemikaliedoser är 8 g $\text{Fe}^{2+}/\text{m}^3$ till förfällning och 2 g $\text{Fe}^{2+}/\text{m}^3$ till efterfällning/simultanfällning. Uppskattade kemikaliedoser för höglödesrening finns angivet i Kapitel 4.

Polymerdoser för förtjockning och avvattnings uppskattas till 2 g/kg TS_{in} för primärslam i bandförtjockare, 4 g/kg TS_{in} för överskottsslam i förtjockningscentrifug och 10 g/kg TS_{in} för rötslamavvattnings i centrifug. I alternativ 1B, 2B, 3B och 4B förväntas polymer användas för både primär- och överskottsslamförtjockning medan det i övriga alternativ endast antas användas för överskottsslamförtjockning.

Metanolförbrukningen ansätts till 3,5 kg COD/kg $\text{NO}_3\text{-N}$ i efterdenitrifikationen.

I de alternativ som använder MBR går det åt natriumhypoklorit och oxalsyra för rengöring. För skivfilterrengöring krävs natriumhypoklorit och saltsyra.

3.3.1.4 Transporter

Med antalet transporter avses här antalet transporter för bortforsling av slam och leverans av kemikalier. Personal-, sand- och renstransporter räknas inte med, och inte transporter för leverans av brunsslam, fettavskiljarslam med mera vilka antas vara likvärdiga för alla reningsverken. Mängden slam per slamtransport har ansatts till 30 m^3 , mängden järnsulfat till 35 ton per transport, mängden metanol till 30 ton, mängden natriumhypoklorit och saltsyra till 10 ton, och mängden oxalsyra och polyaluminiumklorid till 20 ton.

Transporter orsakar utsläpp av koldioxid och andra skadliga gaser. Transporterna av slam och kemikalier har antagits vara lika långa för alla reningsverk oavsett lokalisering i detta skede av utredningen.

Längre transporter i tätbebyggt område har ansetts vara sämre för miljön än transporter på stora trafikleder.

3.3.1.5 Reningsresultat och påverkan på recipient

Reningsresultatet förväntas bli lika bra för alla alternativen. Däremot påverkas olika recipienter olika mycket beroende på var utsläppen sker. Recipientpåverkan behandlas inte i detta skede.

3.3.1.6 Höglödesbehandlat vatten

Med höglödesbehandlat vatten avses de vattenmängder som renas i separat höglödesbehandling eller leds förbi ett eller flera ordinarie reningssteg, vanligen biosteget. Det höglödesbehandlade vattnets utsläpp räknas in i det totala utsläppet. En stor volym höglödesbehandlat vatten, som har sämre reningsgrad, ställer högre krav på den ordinarie processen. Alla processer som behandlas i denna rapport är dimensionerade för att klara utsläppsmålen med fungerande höglödesbehandling.

3.3.1.7 Lustgasutsläpp

Lustgas är en mycket kraftig växthusgas; ungefär 300 gånger så stark som koldioxid. Lustgas kan bildas och emitteras vid ofullständig nitrifikation och denitrifikation. Det är ännu inte helt klarlagt vad som gör att mer eller mindre lustgas bildas i ett biosteg. Förhöjda utsläpp har dock noterats när reningsprocesser har varit stressade, till exempel vid syrebrist, låg slamålder, höga nitrithalter och/eller hög belastning.

De ingående processerna har inte studerats specifikt för storlek på lustgasutsläpp. Istället grundas utvärderingen på sannolikhet för hög belastning, låg slamålder och/eller syrebrist.

3.3.1.8 Metangasutsläpp

Metangas är också en kraftig växthusgas; ungefär 20 gånger så stark som koldioxid. Alla reningsverk som utreds är certifierade enligt "Godkännande för hållbar energiproduktion" vilket innebär att metanproduktion i silos och slamtankar omhändertas och läckage förebyggs.

3.3.2 Arbetsmiljöpåverkan

I det här avsnittet presenteras arbetsmiljöaspekter som bör beaktas vid val av lösning för Västerorts framtida avloppsvattenrening. Endast arbetsmiljöaspekter som berör avloppsreningsverken tas upp. Både arbetsmiljön på reningsverken och i närmiljön utreds.

3.3.2.1 Aerosoler

Aerosoler uppstår framför allt vid luftning av avloppsvattnet. Aerosolerna kan innehålla sjukdomsframkallande bakterier och endotoxiner. Aerosoler utgör ett större problem i inomhusanläggningar än i utomhusanläggningar, men risken kan minimeras med god ventilation och/eller övertäckta bassänger.

I denna utredning förväntas reningsprocesserna anläggas för att ge minimal aerosolspridning vilket resulterar att alla reningsverken antas ge minimal påverkan på arbetsmiljön från aerosolspridning.

3.3.2.2 Buller

Med buller avses det buller som uppkommer vid normal drift av processen. Processer i reningsverk som normalt ger upphov till buller är bland annat centrifuger, kompressorer, frånluftsfläktar och blåsmaskiner. Ny-/utbyggnad förväntas ske på så sätt att buller minimeras för alla reningsverken.

3.3.2.3 Övriga risker

Med övriga risker avses främst fallrisk, explosionsrisk, hantering av farliga kemikalier och lyft. Explosionsrisk finns i alla anläggningar där rötning och biogasuppggradering sker. Antalet tunga lyft antas i detta skede också vara likvärdigt. Risken för skada vid fall är större vid djupa bassänger men anses likvärdig då fullgott arbetsmiljöskydd förutsätts vid alla anläggningar. Hantering av farliga kemikalier finns vid alla verk, men fler kemikalier hanteras i de verk som har skivfilter och/eller MBR-processer. Alla reningsverk förväntas byggas om/ut på bästa möjliga med avseende på att minimera risker för personal och besökare på verken.

3.3.2.4 Lukt

Luktspridning i närområdet uppkommer från de processteg som inte är inbyggda, framförallt slamhantering, rötning, mottagning av externt avfall (omfattas inte i denna utredning), slamutlastning etc. Genom att bygga in fler processteg minskas luktspridningen till omgivningen.

3.3.2.5 Smittspridning

Smittspridning till omgivningen sker genom överföring av viabla patogena mikroorganismer eller virus via luft (aerosoler) eller vatten (recipient). Genom att bygga in processteg där aerosoler uppstår, ventileras och rena utgående luft minimeras smittspridningen via luft. Smittspridning via utsläpp till recipienten begränsas genom god separation av slam och bakterier från vattenfasen. Implementering av MBR-teknik innebär att både slamflockar, frisimmande bakterier och till viss del virus avskiljs från vattenfasen och därmed minskar risken för smittspridning via recipienten.

3.3.3 Processteknisk bedömning

3.3.3.1 Tillkommande bergvolym

Detta avser ny bergvolym som måste sprängas ut för att inrymma nya delar av reningsprocessen.

3.3.3.2 Känslighet för inkommande belastning och vattensammansättning

Här bedöms hur känslig reningsprocessen, med alla ingående delsteg, är vad gäller inkommande belastning och flöde.

3.3.3.3 Flexibilitet

Med flexibilitet avses hur enkelt det är att ställa om driften av reningsverket för att anpassa den efter exempelvis förändrad belastning eller nya reningskrav.

3.3.3.4 Kunskap/Erfarenhet

Här bedöms vilka tidigare erfarenheter som finns om reningsprocessen. Detta omfattar till exempel anläggningar i drift i Sverige och utomlands. Både delprocesser och den totala processutformningen utvärderas.

3.3.3.5 Processfunktion under om-/utbyggnad

Här bedöms hur processens funktion och därmed utgående vattenkvalitet påverkas av om-/utbyggnad av reningsverket.

3.3.3.6 Personalbehov

Generellt för alla reningsverk bedöms personalbehovet ökas på grund av de nya reningskraven vilka ökar behovet av övervakning och uppföljning av reningsresultatet.

Implementering av MBR-teknik och avgasningsteknik bedöms inte resultera i ett ökat personalbehov då båda teknikerna kräver förhållandevis lite underhåll. Tid som tidigare lagts på drift av eftersedimentering och sandfilter kan i framtiden läggas på MBR-enheterna.

Ett ökat antal transporter med lastning och lossning kan påverka arbetsbördan på reningsverken. Här har dock antagits att lastning/lossning i största möjliga mån automatiseras vilket gör att personalbehovet inte bedöms öka.

I de fall då belastningen och/eller antalet delsteg ökar bedöms även personalbehovet ökas till följd av ett ökat antal instrument/processteg att övervaka och underhålla.

Personalbehov och personalkostnad diskuteras vidare i Kapitel 5.3.

3.4 Processbeskrivning och preliminär dimensionering

3.4.1 4B - Henriksdal inkl. anslutning från Bromma och Eolshäll

Detta förslag avser drift av Henriksdals reningsverk i framtiden då Brommaverket och Eolshälls upptagningsområde anslutits. Belastningen ökar därmed till ungefär den dubbla jämfört med dagens (2012). För att klara förbehandlingen renoveras och utökas Sickla anläggningen där även nya försedimenteringsbassänger anläggs. En ny pumpstation måste byggas i Sickla för att hantera vatten som kommer i tunnel från västra Stockholm. Biosteget inryms i befintliga volymer genom införande av MBR-moduler i befintlig eftersedimentering, varvid takhöjden måste utvidgas. Mellanväggar byggs i biobassänger för att avgränsa zoner. Slamhanteringen utökas till viss del.

Processval:

Den biologiska processen på Henriksdals reningsverk år 2040 drivs med för- och efterdenitrifikation. Fördenitrifikationen begränsas av inkommande kolkälla till maximalt ca 67% reduktion av bildade nitrater varför efterdenitrifikation blir absolut nödvändigt. Intern totalkvävebelastning (rejekt) uppgår i ca 20% inkommande N_{tot} . Förbehandlat avloppsvatten som förbileds biosteget orsakar ett kväveutsläpp motsvarande 0,5 mg/l. För att reningsprocessen ska inrymmas i befintliga biovolymen måste en slamhalt på minst 6,3 g SS/l hållas i biosteget. För effektiv separation av vatten- och slamfasen installeras MBR-moduler i nuvarande eftersedimenteringsvolymen. Därmed blir poleringssteg med sand- och skivfilter överflödigt. Förbehandlat avloppsvatten som förbileds det biologiska steget vid högflöden renas i med kemfällning (dosering i ränna) på befintliga sandfilter som upp-rustats med nytt filtermedium. Rejektvatten från slambehandling behandlas i huvudvattenlinjen.

Befintliga rötkammare är hydrauliskt begränsade och kan hantera beräknade slammassflöden med en uppehållstid på 16 d. Om denna uppehållstid ger otillfredsställande utröttningsgrad med avseende på VSS kan t.ex. termofil rötning, termisk förbehandling eller EXRT-process tillämpas. Då den organiska belastningen på rötkamrarna inte är särskilt hög kan tex ytterligare förtjockning av slammet ge ökad kapacitet.

Tabell 3-4 nedan visar en översiktlig processteknisk bedömning av reningsprocessen.

Tabell 3-4. Processteknisk bedömning

Parameter	Fördel	Begränsning
Tillkommande bergvolym		Ca 146 000 m ³
Känslighet inkommande vatten	Membran skyddar mot utspolning av slam vid höglöden.	Väl fungerande förbehandling krävs för att skydda membranen. Fördenitrifikation begränsas av inkommande kolkälla.
Flexibilitet	Slamhalten i biosteget kan höjas avsevärt vid behov.	
Kunskap/Erfarenhet	Pilotanläggningar i Stockholm finns	Få referenser i fullskala för reningsverk > 200 000 pe
Processfunktion under om-/utbyggnad	Drift av befintligt bioblock och grovrening/för-sedimentering påverkas mycket lite av utbyggnad.	
Personalbehov		Ökat personalbehov, ca 6 tjänster, pga höga reningskrav, nya delprocesser, ökat behov av personal på plats i Sickla.

Anläggningstekniska åtgärder:

Förslaget omfattar följande åtgärder vid dimensioneringshorisonten 2040:

- Inloppspumpstation byggs i Sickla för detta alternativ.
- Befintliga tunnlar mellan Sickla och Henriksdal har i detta skede bedömts vara tillräcklig. Vidare utredning rekommenderas dock.
- Hålsilar ersätter fingaller i befintlig grovrening i Henriksdal inför installation av MBR-moduler.
- Ny kompletterande grovrening byggs i Sickla. Denna består av hålsilar, renshantering, doseringsutrustning och mottagningsstation med upplösningstankar för heptahydrat, luftat sandfång och sandtvätt.
- Nya försedimenteringsbassänger anläggs i Sickla.
- Befintlig sandfilteranläggning i Henriksdal anpassas för behandling av förbilet avloppsvatten.
- Kompletterande inloppspumpar till det biologiska reningssteget installeras.
- Befintliga 7 bioreaktorer utformas med fördenitrifikation (Anox), luftning (Ox), avluftning (Deox), efterdenitrifikation (EDN).
- Befintliga eftersedimenteringsbassänger utnyttjas för installation av MBR-moduler för effektiv avskiljning av suspenderat material.
- För att erhålla tillräckligt lång uppehållstid för slammet i rötkamrarna installeras bandförtjockare för förtjockning av primärslammet.
- Ytterligare överskottsslamcentrifuger installeras av samma anledning som punkten ovan.
- Med uppehållstiden 16 d i rötningen behöver inte rötkamrarna byggas ut i Henriksdal.
- Inga ytterligare slamtankar krävs för rötat slam.
- Nya och kompletterande avvattningscentrifuger installeras i den nya slamavvattningsanläggningen i Henriksdal, som ersätter tidigare anläggning i Sickla.
- Nya slamsilos anläggs i den nya slamavvattningsanläggningen.
- Ny slamutlastning byggs i Henriksdal.

Detaljerad information om dimensionering av detta reningsverk finns i Bilaga 1. Layoutritningar finns i Bilaga 2.

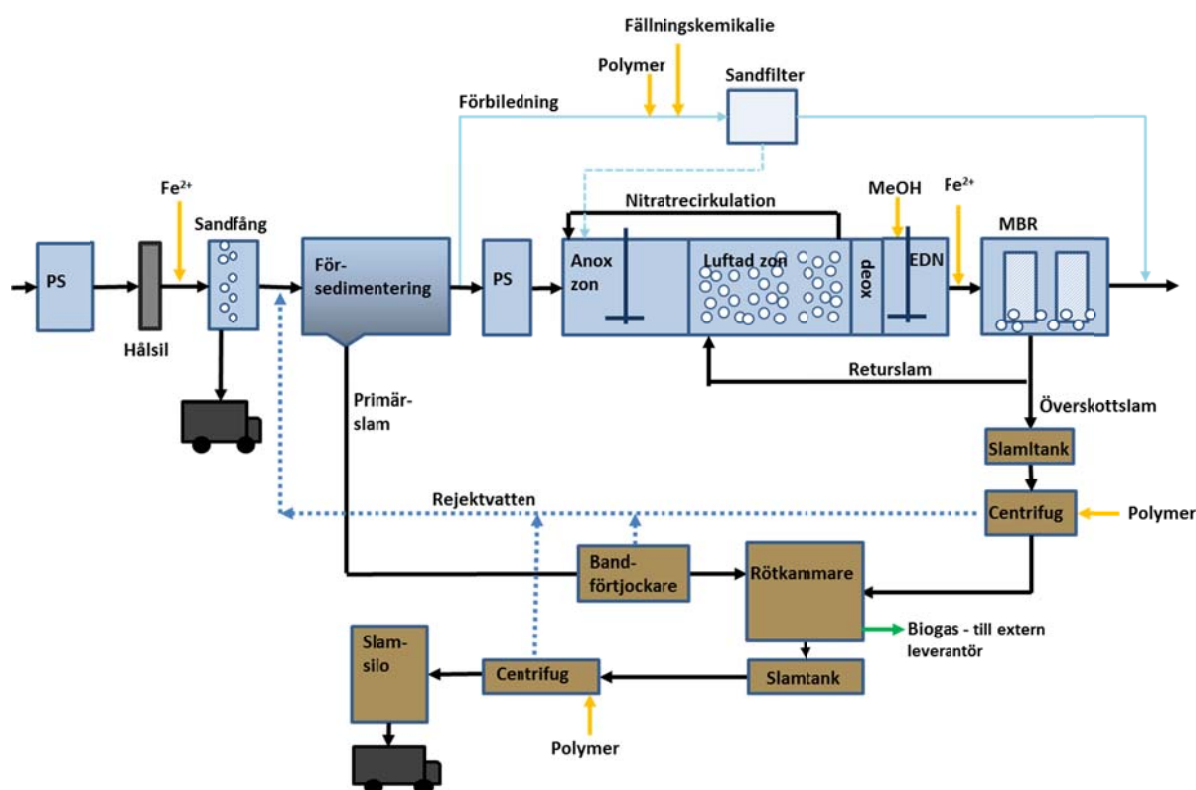
Beskrivning:

Belastningen på Henriksdals reningsverk år 2040 uttryckt som anslutna personer och flöden sammanfattas i

Tabell 3-5. I Figur 3-8 redovisas processvalet för Henriksdals reningsverk i ett blockschema och i Tabell 3-6 finns en mer detaljerad beskrivning av reningsverkets olika enheter.

Tabell 3-5. Sammanställning belastningsalternativ 4B

Parameter	Enhet	Värde 2040
Anslutna personer (p)	antal	1 570 000
Medelflöde	m ³ /d	464 439
Medelflöde	m ³ /s	5,37
Dimensionerande flöde	m ³ /s	5,38
Maxflöde	m ³ /s	15,0
Maxflöde bio	m ³ /s	10,0



Figur 3-8. Blockschema 4B – Henriksdals reningsverk

Tabell 3-6. Beskrivning processval 4B

4B		Antal	Spec	Totalt	Kommentarer
Mekanisk- och kemisk rening	Inloppspumpar	6	2 m ³ /s	12 m ³ /s	6 inloppspumpar installeras i Sicklainloppet för avloppsvatten från Eolshäll och Bromma av vilka en är reservpump.
	Hålsilar	8+10	1,1 m ³ /s	8,8+11=19,8 m ³ /s	Hålsilar installeras i både befintlig grovrening i Henriksdal (8) och ny i Sickla (10). Hålsilarna i Henriksdal ersätter befintliga fingaller.
	Renshantering	1			Utrustning för renshantering installeras i den nya grovreningen i Sickla.
	Förfällning	1			Ny förfällningsutrustning för dosering av heptahydrat byggs i berget i Sickla. Mottagningsstationen för heptahydrat + upplösningstankar anläggs utanför berganläggningen
	Sandfång	5	5x24=120 m ²	600 m ²	Luftade sandfång installeras i den nya grovreningen i Sickla. Luftningen ombesörjer erforderlig syrsättning (partiell oxidation av Fe ²⁺) och ersätter behovet av förluftningsbassänger.
	Sandtvätt	1			Konventionell sandtvätt installeras i Sickla. Sandmängd 14100 m ³ /år.
	Försedimentering	14	65x10=650 m ²	9 100 m ²	13 försedimenteringsbassänger finns idag i Henriksdal. I detta alternativ byggs 14 nya försedimenteringsbassänger i 7 block efter den nya grovreningen i Sickla.
	Högflödesbehandling	60	60 m ²	3 600 m ²	Befintliga sandfilter i Henriksdal byggs om för rening av förbiledningsvatten med kemikalietillsats. Maximalt 5 m ³ /s försedimenterat avloppsvatten kan behandlas.
Biosteg	Inloppspumpar	10	0,7-1,2 m ³ /s	0,7-12 m ³ /s	Befintlig inloppspumpstation består av 7 pumpar. Ytterligare 3 pumpar måste installeras.
	Bioreaktorer	7 linjer	29 000 m ³	203 000	Bioreaktorerna med 12 meters djup finns redan idag och behöver inte kompletteras i detta alternativ.
	Anoxzon	7	15000 m ³	105 000 m ³	Anoxzonerna inryms i befintliga bioreaktorer och utrustas med omrörare.
	Anox/oxzon	7	4600 m ³	32 200 m ³	Anox/oxzonerna inryms i befintliga bioreaktorer och utrustas med omrörare och luftare.
	Oxzon	7	7000 m ³	49 000 m ³	Oxzonerna inryms i befintliga bioreaktorer och utrustas med luftare. Nitratrecirkulation 1-4 * Q _{dim} = 5,4-21,5 m ³ /s.
	Deoxzon	7	600 m ³	4 200 m ³	Deoxzonerna inryms i befintliga bioreaktorer och ut-

4B		Antal	Spec	Totalt	Kommentarer
					rustas med omrörare.
	Efterdenitrifikation	7	1800 m ³	12 600 m ³	Efterdenitrifikationszonerna inryms i befintliga bioreaktorer och utrustas med omrörare och metanoldosering.
	MBR	14	180 moduler	2 500 moduler (= 1 155 000 m ²)	14 eftersedimenteringsbassängerna finns redan idag. MBR-anläggningen inryms helt i dessa bassänger som också har plats för maskinutrustning som tankar, blåsmaskiner mm. MBR-tankar övertäcks med t.ex. pool-guard.
	Efterfällning	1			Utrustning för dosering av järnsulfat före MBR-anläggningen implementeras.
Slambehandling	Primärslamförtjockning	4	40 m ³ /h	160 m ³ /h	4 bandförtjockare installeras. Inga förtjockare finns tidigare.
	Överskottskottslamcentrifuger	9	50 m ³ /h	450 m ³ /h	Av de 9 överskottscentrifugerna är en reserv. Idag finns 5 enheter installerade.
	Rötning	7		39 000 m ³	Idag finns 7 rötkammare och inga fler behövs för detta alternativ om uppehållstiden tillåts minska från 20 till 16 dygn.
	Slamtankar för rötslam	2		10000 m ³	Idag finns 2 slamtankar i Henriksdal med totala volymen 10000 m ³ och 2 slamtankar i Sickla med totala volymen 1600 m ³ . Slamtankarna i Sickla kommer i framtiden inte att utnyttjas för lagring av rötslam då slamavvattningen flyttas från Sickla till en ny anläggning i Henriksdal.
	Avvattning av rötslam	6	35 m ³ /h	210 m ³ /h	6 nya avvattningscentrifuger installeras i den nya slammanläggningen i Henriksdal.
	Slamsilos för avvattnat slam	3	300 m ³	900 m ³	3 nya slamsilos byggs i den nya slambehandlingsanläggningen i Henriksdal i direkt anslutning till avvattningscentrifugerna.
	Slamutlastning	1			Ny slamutlastning uppförs i Henriksdal för detta alternativ.
	Gasklocka	1		5 000 m ³	En gasklocka finns idag och det behövs inga fler.

3.5 Miljöaspekter samt påverkan på arbetsmiljö och omgivning

En jämförelse mellan de olika processlösningar som valts på respektive reningsverk vid de olika belastningsalternativen har gjorts med avseende på miljöpåverkan, arbetsmiljö, och driftsäkerhet. Jämförelsen presenteras i detta kapitel. Ingen värdering i form av plus/minus eller subjektiva bedömningar har gjorts i detta skede av utredningen utan jämförelsen består i en sammanfattning av data från den preliminära dimensioneringen.

3.5.1 Jämförelse miljöpåverkan

Information om de olika alternativen vad gäller miljöpåverkan presenteras i Tabell 3-7 nedan.

Tabell 3-7. Jämförelse av utredningsalternativen med avseende på miljöpåverkan.

Tabell 3-7. Jämförelse av utredningsalternativen med avseende på miljöpåverkan.								
Parameter/ enhet	Alternativ 1		Alternativ 2		Alternativ 3		Alternativ 4	
Energiförbrukning och -produktion								
Elförbrukning MWh/år	1A	21 536	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	36 929	2B	36 929	3B	36 929	4B	63 267
	1C	38 384	2C	31 019	3C	64 304	4C	31 019
	1D	--	2D	17 600	3D	--	4D	--
	Tot	96 850	Tot	85 548	Tot	101 233	Tot	94 286
Värmeförbrukning MWh/år	1A	15 195	2A		3A		4A	
	1B	40 588	2B	40 588	3B	40 588	4B	53 645
	1C	8 630	2C	6 412	3C	16 268	4C	6 412
	1D		2D	18 363	3D		4D	
	Tot	64 413	Tot	65 363	Tot	56 856	Tot	60 057
Biogasproduktion kNm ³ /år	1A	4 415	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	11 047	2B	11 047	3B	11 047	4B	15 919
	1C	4 158	2C	2 988	3C	8 217	4C	2 988
	1D	--	2D	5 720	3D	--	4D	--
	Tot	19 621	Tot	19 755	Tot	19 263	Tot	18 907
Kemikalieförbrukning								
Järn(II)sulfat (19 %) ton/år	1A	2 800	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	5 800	2B	5 800	3B	5 800	4B	9 100
	1C	3 300	2C	2 600	3C	6 000	4C	2 600
	1D	--	2D	3 500	3D	--	4D	--
	Tot	11 800	Tot	11 800	Tot	11 800	Tot	11 700
Metanol ton/år	1A	946	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	2 495	2B	2 495	3B	2 495	4B	3 832
	1C	876	2C	582	3C	1 697	4C	582

Parameter/ enhet	Alternativ 1		Alternativ 2		Alternativ 3		Alternativ 4	
	1D	--	2D	1 370	3D	--	4D	--
	Tot	4 317	Tot	4 448	Tot	4 192	Tot	4 415
Polymer (100 %) ton/år	1A	110	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	320	2B	320	3B	320	4B	480
	1C	110	2C	80	3C	210	4C	80
	1D	--	2D	140	3D	--	4D	--
	Tot	540	Tot	540	Tot	540	Tot	560
Polyaluminiumklorid (9 %) ton/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	180	2B	180	3B	180	4B	0
	1C	20	2C	30	3C	20	4C	30
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	200	Tot	210	Tot	200	Tot	30
Natriumhypoklorit (12 %) ton/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	0	2B	0	3B	0	4B	160
	1C	60	2C	50	3C	110	4C	50
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	60	Tot	50	Tot	110	Tot	210
Oxalsyra ton/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	0	2B	0	3B	0	4B	190
	1C	70	2C	50	3C	130	4C	50
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	70	Tot	50	Tot	130	Tot	210
Sand ton/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	8,3	2B	8,3	3B	8,3	4B	0,0
	1C	0,0	2C	0,0	3C	0,0	4C	0,0
	1D	--	2D	0,0	3D	--	4D	--
	Tot	8,3	Tot	8,3	Tot	8,3	Tot	0,0
Saltsyra ton/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	0	2B	0	3B	0	4B	0
	1C	1,7	2C	2,2	3C	1,7	4C	2,2
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	1,7	Tot	2,2	Tot	1,7	Tot	2,2
Transporter								

Parameter/ enhet	Alternativ 1		Alternativ 2		Alternativ 3		Alternativ 4	
Antal slamtransporter st/v	1A	18	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	46	2B	46	3B	46	4B	68
	1C	18	2C	13	3C	35	4C	13
	1D	--	2D	23	3D	--	4D	--
	Tot	81	Tot	81	Tot	81	Tot	81
Antal järn(II)-transporter st/v	1A	1,5	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	3,2	2B	3,2	3B	3,2	4B	5,0
	1C	1,8	2C	1,4	3C	3,3	4C	1,4
	1D	--	2D	1,9	3D	--	4D	--
	Tot	6,5	Tot	6,5	Tot	6,5	Tot	6,4
Antal metanoltransporter st/v	1A	0,8	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	1,6	2B	1,6	3B	1,6	4B	2,7
	1C	0,6	2C	0,4	3C	1,1	4C	0,4
	1D	--	2D	0,6	3D	--	4D	--
	Tot	3,0	Tot	2,6	Tot	2,7	Tot	3,1
Antal övriga kemikalie-transporter st/år	1A	5	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	23	2B	23	3B	23	4B	48
	1C	15	2C	12	3C	28	4C	12
	1D	--	2D	7	3D	--	4D	--
	Tot	44	Tot	42	Tot	51	Tot	60
Högflödesbehandlat								
Volym delrenat vatten m ³ /år	1A	240 000	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	1 700 000	2B	1 700 000	3B	1 700 000	4B	2 400 000
	1C	140 000	2C	240 000	3C	160 000	4C	240 000
	1D	--	2D	470 000	3D	--	4D	--
	Tot	2 000 000	Tot	2 400 000	Tot	1 800 000	Tot	2 600 000
Lustgas-emission	Lustgasutsläppen antas likvärdiga, och relativt små, för de olika alternativen eftersom de är väl dimensionerade. Mer forskning och mätningar krävs innan jämförelse bör göras.							
Metangas-emission	Metangasutsläppen antas likvärdiga.							

Elförbrukning

Den beräknade elenergiförbrukningen som redovisas i tabellen är lägst för alternativ 2. Detta beror till stor del på att inloppspumpstationen för det nya verket (2D) inte är inkluderad i beräkningen. I det nya verket antas vattnet pumpas upp till en bra nivå för att sedan gå igenom verket med självfall, på samma sätt som på Himmerfjärdsverket. På så vis behövs inga interna pumpstationer så som fallet är på både Bromma och Henriksdal. Inloppspumpstationen på Himmerfjärdsverket ingår dock i redovisad elförbrukning.

I dessa beräkningar har en intermittent luftning av membranen förutsatts vilket förbrukar 0,12-0,14 kWh/m³ renat vatten. Vid kontinuerlig luftning åtgår 0,2 kWh/m³ vilket skulle öka den totala energiförbrukningen med ca 10% på Himmerfjärdsverket 1C, 2C och 4C, ca 14% på Himmerfjärdsverket 3C och drygt 20% på Henriksdal 4B.

Trots stora skillnader i processutformning och energibehov för de individuella reningsverken så skiljer sig den totala elenergiförbrukningen i de 4 alternativen med mindre än 20%.

Värmeförbrukning

Värmeförbrukningen är störst för alternativ 1 och 2 där tre reningsverk vardera ska värmas upp. Lägsta värmeförbrukningen erhålls i alternativ 3 där Himmerfjärdsverket, som är ett utomhusreningsverk och därmed förbrukar väldigt lite energi för uppvärmning av byggnader och bergrum, renar det mesta av avloppsvattnet.

Bromma och Henriksdal nyttjar fjärrvärme medan Himmerfjärdsverket och det nya reningsverket använder biogasvärmepanna. Med förutsättning att fjärrvärme är en mer miljövänlig värmekälla än värmeutvinning ut metan så framstår alternativ 4 som det mest miljövänliga alternativet.

Biogasproduktion

Skillnaden i biogasproduktion, knappt 4 % mellan alternativ 2 och 4, som redovisas i tabellen är marginell och beror av en kombination av faktorer som framförallt härrör från förenklingar i beräkningarna. Tillförsel av BOD₅ via tvättavloppsvatten och VSS-halt i aktiva slammet är faktorer som påverkar.

Vid Himmerfjärdsverket och det nya verket används biogas för uppvärmning. Detta gör att mängden biogas som kan nyttjas för uppgradering till fordonsbränsle blir mindre än för övriga verk.

I den här rapporten har förutsättningen varit att rötkamrarna ska behandla det slam som bildas i reningsprocessen, inte externt matavfall. Möjligheten att öka biogasproduktionen genom rötning av matavfall i befintliga rötkammarvolymen har inte utretts.

I alternativ 4 där Bromma reningsverk läggs ned och inga ytterliga rötkammare byggs på Henriksdal eller Himmerfjärdsverket minskar den totala reaktorvolymen med 18 000 m³. Därmed begränsas möjligheterna att motta externt avfall jämfört med de övriga alternativen.

Kemikalieförbrukning

Förbrukningen av järnsulfat är likvärdig för de fyra alternativen.

Förbrukningen av metanol är högst i alternativ 4, där Himmerfjärdsverket har liten anslutning och Henriksdal har stor anslutning. På Himmerfjärdsverket behövs mindre metanol eftersom separat rejektvattenbehandling utan kolkällebehov används.

Polymerförbrukningen blir större i de alternativ där både primär- och överskottsslam förtjockas med hjälp av polymer (1-4 B) och där förbilet vatten delrenas via Actiflo eller skivfilter.

Polyaluminiumklorid används endast i de alternativ där höglödesrening sker med Actiflo eller skivfilter.

I de alternativ där MBR ingår går det åt natriumhypoklorit och oxalsyra. I alternativen där skivfilter används går det åt natriumhypoklorit och saltsyra.

Transporter

Som synes i Tabell 3-7 är antalet slamtransporter i respektive utredningsalternativ i princip lika stort. Antalet transporter från respektive verk varierar dock.

Transporter från och till Henriksdal kan ske via närliggande trafikled och medför därför inte mycket transporter i bostadsområden. Transporter till och från Bromma reningsverk belastar däremot det lokala vägnätet i tätbebyggt område vilket ger en högre miljöpåverkan från transporter. Framtida utvidgning av vägnätet kan eventuellt avhjälpa detta. Transporter till och från Himmerfjärdsverket sker till stor del på småvägar utanför tätbebyggt område. Miljöpåverkan blir därmed större än för Henriksdal men mindre än från Bromma.

Sett ur detta perspektiv är alternativ 4 mest fördelaktigt.

Utsläpp till luft

Lustgasutsläppen till luft antas likvärdiga för de olika alternativen eftersom de alla är dimensionerade för att kunna drivas med lång slamålder, låg belastning och god tillgång på syre. Innan mer forskning har gjorts på området är det riskfyllt att spekulera om skillnader.

3.5.2 Påverkan på arbetsmiljö och omgivning

Alla om-/ny-/utbyggda reningsverksalternativ byggs för att ge en så god arbetsmiljö som möjligt. Detta görs bl.a. genom övertäckning av MBR-tankar och god ventilation. Generellt blir arbetsmiljön, med avseende på aerosoler, buller och övrigt, bättre för alla fyra alternativen jämfört med idag.

Luktspridning till omgivningen kommer minskas på Bromma (1A) genom att grovrening och slamutlastning flyttas in i berget. Avståndet till bebyggelse kommer därmed kunna minskas från 200 m till 100 m. Vid Henriksdals reningsverk är alla processteg redan idag inbyggda i berget varvid luktspridningen är minimal. Ingen ökad luktspridning förväntas i framtiden i något av utbyggnadsalternativen (1B, 2B, 3B, 4B). Vid Himmerfjärdsverket kommer tillkommande MBR-enheter överbyggas. I övrigt kommer de processteg som är förlagda utomhus idag även vara det i framtiden. Luktspridningen förväntas därmed inte förändras jämfört med dagens vid om-/utbyggnad (1C, 2C, 3C, 4C). Det nya reningsverket är förlagt i berg och förväntas ge minimal luktspridning till omgivningen.

Smittspridning via luft (aerosoler) kommer endast kunna ske på Himmerfjärdsverket som är det enda reningsverket förlagt utomhus. Eftersom inga bostadsområden finns i direkt anslutning till Himmerfjärdsverket utgör spridning via luft en minimal risk. Spridning via utsläppt renat avloppsvatten kommer minska i de alternativ där MBR används som ett processteg, dvs 1C, 2C, 3C, 4B och 4C. Därmed framstår alternativ 4 där allt avloppsvatten renas i MBR-processer som fördelaktigt ur denna synvinkel.

3.6 Att tänka på gällande processdimensionering

Angående preliminär processdimensionering/anläggningsteknik:

1. Hänsyn har inte tagits till kommande krav på hygienisering av slam (ht 2013) vilket med stor sannolikhet kommer påverka slambehandlingen vid de olika reningsverken. Detta kan komma att behöva utredas i ett senare skede.
2. Hänsyn har heller inte tagits till eventuella kommande krav på rening av läkemedelsrester eller andra substanser. Reningsverken är inte anpassade för installation av tex ozonering och kolfilter.
3. Utvärdering av olika membrantyper och leverantörer bör göras om ett utredningsalternativ väljs ut av Stockholm Vatten AB som omfattar en eller flera reningsverk med MBR-processer. Ingen kritisk utvärdering har gjorts i denna rapport.
4. I samtliga reningsprocesser bör förfällningen ses över vid detaljerad processdesign. I de flesta fall, utom i processer med SSH, begränsas fördenitrifikationen kraftigt av tillgång på kolkälla. Värdet i att producera mycket primärslam med stor biogaspotential bör vägas mot kostnad och miljöpåverkan av att köpa in metanol.
5. I alternativ 4B blir uppehållstiden i rötammaren kort, 16 d. Detta gör att externt avfall inte kan tas emot samt att utrotningsgraden eventuellt blir låg. Optimering av rötammar drift bör utredas för att se om kapaciteten kan ökas.
6. Högflödesrening i sandfilter och skivfilter bör testas och optimeras med avseende på bland annat kemikaliedosering och backspolnings-/rengöringsfrekvens.
7. I alternativ 1C, 2C och 4C föreslås att den nya DeAmmon-processen anläggs vid sidan av befintliga reningssteg. Då hela slutsedimenteringen inte åtgår för MBR-modulerna finns möjligheten att anlägga processen i dessa volymer.
8. Vid utbyggnaden av Himmerfjärdsverket finns flera möjliga anläggningstekniska lösningar. I detta projekt har ingen optimering gjorts. Tex i 3C skulle man kunna anlägga ett helt nya block parallellt med befintligt med likadana processutformningar, istället för endast ny försedimentering och ny MBR-tank.
9. I alternativ 4B anges att en nu inloppspumpstation ska byggas i Sickla. Utredning av denna ingår inte i Swecos uppdrag utan ligger på projektdelen "ledningsnät".
10. I alternativ 4B måste det finnas plats för telfer vid anläggandet av MBR-tankarna i nuvarande eftersedimentering. I denna utredning har antagits att bergtäckning finns. Detta har dock inte utretts.

11. I alternativ 4C bör utredas i mer detalj om MBR är en kostnads-/energieffektiv teknik då särskilt höga slamhalter ej är nödvändiga. Även behovet av separat re-jektvattenrening i en process med mycket överkapacitet bör funderas på.
12. Vid kommande detaljprojektering måste hänsyn tas till extra utrustning för MBR, tex kemikaliepumpar och luftningssystem.

Kapitel 4 Genomförande med tidplan

4 GENOMFÖRANDE MED TIDPLAN

I detta kapitel beskrivs genomförandeprocessen för utredningsalternativ 4B. Här presenteras teknisk lösning, planering och tidplan samt diskussion om potentiella hinder och problem som väsentligt påverkar tidplanen.

Detta alternativ är mycket omfattande och komplicerat. En detaljerad genomförandeplan kommer att växa fram successivt under arbetets gång. Den plan som presenteras och diskuteras nedan får betraktas som preliminär men ändå så pass genomarbetad och detaljerad att den ger en övergripande uppfattning om genomförandet av och möjlighet att ta beslut om fortsatt arbete.

4.1 Beskrivning av alternativet

Bromma reningsverk läggs ned och avloppsvattnet leds till Henriksdal reningsverk, dit även avloppsvattnet från Eolshälls upptagningsområde leds i framtiden.

4.2 Teknisk lösning

Detta förslag avser drift av Henriksdals reningsverk i framtiden då Brommaverket och Eolshälls upptagningsområde har anslutits. Belastningen ökar därmed till ungefär den dubbla jämfört med dagens (2012). För att klara förbehandlingen renoveras och utökas Sicklaanläggningen där även nya försedimenteringsbassänger anläggs. En ny pumpstation måste byggas i Sickla för att hantera vatten som kommer i tunnel från västra Stockholm. Biosteget inryms i befintliga volymer genom införande av MBR-moduler i befintlig eftersedimentering, varvid takhöjden måste utvidgas. Mellanväggar byggs i biobassänger för att avgränsa zoner. Slamhanteringen utökas till viss del. En försökslinje för biostegets MBR-anläggning planeras. Denna kan hanteras inom befintligt tillstånd och man kan på så vis påskynda genomförandet.

4.3 Tidplan

En tidplan har tagits fram för genomförandet av utredningsalternativ 4B. Den redovisas i Bilaga 4.

Total erforderlig tid för genomförandet av utbyggnaden, inklusive förberedande utredningar och tillståndsprocess, har beräknats till 1760 dagar under tiden oktober 2013 till juni 2020. Ingående moment samt möjligheter, problem och hinder som väsentligt påverkar tidplanen, diskuteras nedan i nästa avsnitt.

4.4 Genomförandetidplan med möjligheter, problem och hinder

4.4.1 Ingående moment

Genomförandetidplanen innehåller följande moment eller huvudrubriker:

- Förstudie
- Principförslag
- Tillståndprocess
- Systemhandling
- Detaljprojektering
- Upphandling
- Genomförande

Nedan diskuteras hur olika faktorer kan påverka och äventyra de olika momenten i genomförandetidplanen för detta utredningsalternativ.

4.4.2 Förstudie

Förstudier måste genomföras även för detta alternativ för Henriksdals reningsverk avseende både Henriksdals- och Sicklaanläggningen. Detta arbete beräknas ta 4 månader. Framtagandet av en förstudie bedöms inte innebära någon risk för försening av projektet.

4.4.3 Principförslag

Principförslaget beräknas ta 4 månader att genomföra för Henriksdals reningsverk. Innan dessa principförslag påbörjas, utarbetas ett principförslag för en försökslinje med MBR-processen i ett bassängblock i Henriksdal. Detta arbete har bedömts ta 3 månader.

Principförslaget för Henriksdal (exklusive MBR-försök) kan påbörjas först när förstudien är färdigställd medan principförslaget för MBR-försöken i Henriksdal kan påbörjas parallellt med arbetet med förstudien.

Inte heller detta arbete bedöms utgöra någon förseningsrisk.

4.4.4 Tillståndprocess

Utarbetat principförslag utgör underlag för miljödomstolens kommande arbete med färdigställande av tillståndsbeslut. Arbetet med tillståndprocessen kan starta avseende MKB redan innan principförslaget är färdigt men detta måste vara tillgängligt för miljödomstolen i god tid innan beslut ska meddelas.

Tillståndsansökan inklusive framtagande av MKB för alternativ 4B beräknas ta 11 månader.

En risk för genomförandeplanen är handläggningstiden i miljödomstolen, även om den här har beräknats till 12 månader. Det finns fortfarande en risk att den inte räcker till om domstolen har andra stora och viktiga projekt att hantera parallellt med detta projekt.

Några problem med utsläppspunkten för det renade avloppsvattnet blir det sannolikt inte för utbyggnadsalternativ 4B då detta blir detsamma som tidigare för Henriksdalsverket. Brommaverkets utloppstunnel mynnar dessutom redan idag i samma recipient som utloppet från Henriksdal bara några hundra meter från detta. Detta får anses som fördelaktigt för detta alternativ då det renade avloppet, avsevärt renare efter behandling med MBR-teknik, hamnar i samma recipienter som tidigare.

Stora sprängningsarbeten kommer dock att genomföras både i Sickla- och Henriksdalsanläggningarna och det finns en stor risk att tillståndet avseende sprängning kommer att omfattas av restriktioner, som kan komma att försena tidplanen. Krav på försiktig sprängning kommer säkert att skrivas in för både Sickla och Henriksdal för att undvika sättningar och sprickbildning i närliggande fastigheter och förbud att spränga dygnet runt kommer sannolikt att lämnas för att minska störningarna på omgivningen.

Byggtrafiken kommer också att bli intensiv under hela byggskedet och omfattande restriktioner kan med säkerhet förväntas, vilket kan komma att inverka på färdigställandetiden.

4.4.5 Systemhandling

Efter framtagande av ett helt färdigställt principförslag kan arbetet med förprojektering av ett slutligt förslag vidta, vilket kommer att resultera i en systemhandling. Detta arbete kan bedrivas parallellt med arbetet med tillståndprocessen och innebär en mer detaljerad dimensionering och design av erforderlig utbyggnad än motsvarande i principförslaget bland annat vad gäller detaljnivån i färdiga layoutritningar. Med färdig systemhandling, som har beräknats ta 8 månader att upprätta, ska det gå att starta upphandlingsfasen av utbyggnaden. Inga speciella risker eller hinder bedöms föreligga i samband med upprättandet av systemhandlingen utan arbetet ska kunna färdigställas i tid i enlighet med upprättad tidplan.

4.4.6 Detaljprojektering

Det förutsätts i detta skede att kommande entreprenader ska upphandlas som utförande-entreprenader. Av den anledningen kan arbetet med detaljprojektering starta så snart som systemhandlingen färdigställts då detta arbete kommer att ta lång tid. Arbetet med detaljprojektering har bedömts ta 14 månader och inte heller denna projektfas bedöms komma att orsaka några problem som kan föranleda några betydande förseningar.

Detaljprojektering av försökslinjen med MBR i Henriksdal kommer dock att starta ännu tidigare eller redan efter färdigt principförslag.

4.4.7 Upphandling

Parallellt med att detaljprojekteringen startar kan då upphandlingsfasen inledas med utgångspunkt från färdiga systemhandlingar om entreprenaderna ska bedrivas som utförandeentreprenader. Upprättande av förfrågningsunderlag samt anbudsräkning har bedömts ta 3 månader och efterföljande utvärdering av lämnade anbud 2 månader.

Upphandlingen av försökslinjen för MBR lever dock sitt eget liv och genomförs när principförslaget är fastställt.

Enligt uppgjord tidplan för detta alternativ har inget beslut kommit från miljödomstolen avseende framtida tillstånd när genomförandebeslutet förväntas. Det föreligger här en risk att entreprenadarbetena kan komma att uppskjutas tills miljödomstolen avlagt sitt beslut, vilket kan äventyra tidplanen för genomförandet.

I tidplanen är delad entreprenad förutsatt, då denna upphandlingsform använts av Stockholm Vatten AB tidigare med gott resultat. Det finns idag dock en viss tendens till övergång till totalentreprenader för stora projekt i Europa och även i Sverige. Detta skulle då få som konsekvens att detaljprojekteringen inte kan starta direkt efter framtagandet av systemhandlingar då denna i en totalentreprenad ska utföras av entreprenören. En förskjutning av tidplanen upp mot ett halvår kan då förväntas.

4.4.8 Genomförande

Genomförandefasen för utredningsalternativ 4B omfattar byggnation med följande beräknade tidsåtgång, se Tabell 4-1 och tidplan i Bilaga 4.

Tabell 4-1: Beräknad tidsåtgång i arbetsdagar för genomförandefasen för alternativ 4B

Moment	Tidsåtgång	Henriksdals reningsverk	
		Sickla	Henriksdal
Etablering	mån	3	3
Sprängning	mån	20	63
Bygg/installation	mån	24	42
Slutbesiktning	mån	1	3
Driftsättning	mån	3	9
Total byggtid	mån	51	120
Total byggtid med överlappning	arbetsdagar*	882	1131
	år**	3,4	4,3

* 22 arbetsdagar per månad, ** från start till färdigställande

Momenten sprängning och bygg/installation överlappar varandra i Henriksdal. Bygg/installation påbörjas tidigast när detaljprojekteringen slutförts. För Sickla påbörjas bygg/installation inte förrän bergsprängningen slutförts.

Vid Henriksdal genomförs ombyggnationen etappvis av biostegen genom utbyggnad med installation av MBR i några bassängblock i taget. På detta sätt kommer slutbesiktning och driftsättning att ske successivt efter färdig ombyggnad av bassängblocken med erforderlig installation.

Utmaningar och problem att lösa vid arbete med utbyggnadsalternativ 4B har sammanfattats enligt nedan.

Henriksdal – Sicklaanläggningen

Sicklaanläggningen kommer för detta utbyggnadsalternativ förutom ombyggnad av grovreningen även att få försedimenteringsbassänger anlagda då tillflödet från Västerort bestående av avloppsvatten från både Brommas och Eolshälls upptagningsområden kommer att öka den hydrauliska belastningen i stor omfattning.

På samma sätt som för alla bergförlagda reningsverk kommer det att ställas krav på planering av sprängningen men det är tveksamt om det kommer att krävas samma försiktighetsmått som för Bromma reningsverk med dokumenterat känslig bebyggelse i omgivningen. Huruvida försiktig sprängning erfordras utredas i god tid före arbetets start.

Även vid Sicklaanläggningen är trafikförhållandena besvärliga men här är det inte fråga om trånga och lågtrafikerade lokalgator utan om vältrafikerade trafikleder. Till- och utfartsvägar från reningsverkstomten måste planeras i god tid före arbetets start och lämpligen tillsammans med etableringen av byggarbetsplatsen, som kan bli svår att få plats med i omedelbar närhet till anläggningen.

Driftsättningen av färdig anläggning för grovrening kan förväntas bli komplicerad då omläggning ska ske under pågående drift. I detta alternativ ska också försedimenteringsbassänger installeras. Helt ny installation av maskinell utrustning erfordras såsom galler, silar och sandfång i grovreningen samt botten- och flytslamskrapor i försedimenteringsbassängerna. Hänsyn måste också tas till luktproblematiken, som kan bli besvärlig vid avställning av den gamla anläggningen.

Henriksdal – Henriksdalsanläggningen

Bergsprängningen i Henriksdal kommer att bli omfattande för detta alternativ och pågå under lång tid. Den kommer att omfatta en helt ny hall för slamutlastning, som ersätter nedlagd anläggning i Sickla, höjning av taket i eftersedimenteringsbassängerna så att MBR-moduler ska kunna lyftas och servas i framtiden på ett optimalt sätt, samt också nya utrymmen för stigschakt, metanollagring mm.

Som nämnts ovan kommer sannolikt restriktioner att föreskrivas i tillståndsbeslutet avseende sprängning, men risk finns att sådana kan överklagas av allmänheten om de inte anses tillräckligt hårda. En stark opinion kan driva igenom mycket hårda villkor när det gäller sprängning, som skulle kunna försena arbetet avsevärt i förhållande till ursprungliga planer.

Samma sak gäller byggtrafiken, som också kommer att bli intensiv under hela byggskedet. En stark opinion kan på samma sätt som för sprängningen driva igenom hårda villkor för byggtrafiken och även övrigt buller, som skulle kunna orsaka liknande förseningar i förhållande till ursprungliga planer.

Installationsarbetet av MBR-modulerna kommer att delas upp i etapper med successiv driftsättning vartefter anläggningen färdigställs. MBR-tekniken är relativt ny och då krävs en noggrann planering av installationsarbetet och drifttagningen. I Henriksdal kommer en försökslinje att byggas upp med MBR-moduler och trots kort tid över för fullskaleförsök kan man förhoppningsvis hinna med att bilda sig åtminstone en preliminär uppfattning om hur tekniken fungerar innan resten av anläggningen installeras.

Kapitel 5 Kostnadsbedömning

5 KOSTNADSBEDÖMNING

5.1 Anläggningskostnads kalkyl

Anläggningskostnaden har tagits fram för de fyra utredningsalternativen med tillhörande utbyggnationer och nedläggningar. Dessa innefattar kostnadsuppskattningar för bergarbeten, byggnadsarbeten (bygg och mark), VVS, maskin, el och automation samt projektering, byggledning, projektadministration.

Anläggningskostnads kalkylerna är baserade på priser inhämtade från leverantörer samt på erfarenheter från kalkyler för liknande anläggningar. Kostnadsnivån för kalkylen är maj 2013. Moms är ej inkluderad.

En fullständig redovisning av anläggningskostnaden för alternativ 4B finns i Bilaga 5.

5.1.1 Förutsättningar för anläggningskostnads kalkylen

Bergarbeten:

- Bergtäckningen antas vara tillräcklig vid samtliga bergarbeten.
- Ingen kostnad för avsättning av bergmassan har inkluderats.
- Å-priset för bergschakt (1300 kr/m^3) har erhållits från Bergteknik-gruppen på Sweco Infrastructure AB. Priset är satt utifrån att särskild hänsyn ska tas till befintliga anläggningsdelar och pågående drift. Bergmassor tillfaller entreprenören. Vid vissa sprängningar, till exempel för stigarschakt, har ett högre å-pris ansatts eftersom dessa arbeten är mer komplicerade.

Byggnadsarbeten:

- Kalkylerna inkluderar inte försäljning och anskaffning av mark.
- Kostnaden för renovering av eftersedimenteringsbassängerna, som ska byggas om till MBR-tankar, baseras på en tidigare Swecoutredning om renovering av eftersedimenteringsbassänger på Henriksdal men utan föreslagen fördjupning.
- Vid beräkning av rivningskostnader för Bromma reningsverk har följande antagits:
 - ▶ Ingen förekomst av asbest, ingen sanering av marken nödvändig. Därmed antas att inget miljöfarligt avfall måste omhändertas.
 - ▶ Rengöring/Tömning av bassänger utförs av beställaren.
 - ▶ Bassänger utomhus bilas ner 1 m under marknivå. Bassängerna fylls sedan med rivningsmaterialet. Resterande rivningsmaterial körs till deponi.
 - ▶ Transporter går genom stadsmiljön.
 - ▶ Inga åtgärder för rivning i berg.
- Anläggningskostnad för rivning av Bromma reningsverk inkluderar rivningskostnader samt bokfört värde (kvarvarande avskrivningskostnader) år 2018 vilket av Stockholm Vatten AB angivits till 126 Mkr.

Maskin:

- Kostnads kalkylerna inkluderar kostnader för rör, armatur, frakt och montage, vilket är inkluderat i respektive kostnadspost för maskin.

Entreprenörspåslag:

- Entreprenörspåslaget är uppskattat till 40 % av maskinkostnaden.
- I entreprenörspåslaget ingår kostnader för etablering, avetablering, städning, bodar, ställningar, försäkringar och bankgaranti. Vidare ingår maskinentreprenörens arbeten med konstruktion och monteritningar, relationsritningar och driftinstruktioner. I entreprenörspåslaget ingår avslutningsvis även projektledning, tester, provningar, besiktningar, garantier, centraladministration och vinst.

El och automation:

- El- och automationskostnaden är uppskattad till 35 % av maskinkostnaden inklusive entreprenörspåslag.
- Ingen kostnad för eventuellt behov av utökad elförsörjning har inkluderats.

Oförutsett:

- Kostnadskalkylen inkluderar även en post för oförutsett. Denna är uppskattad till 25 % av summan av bygg & mark, VVS, maskin och el- och automation.

Konsultpåslag:

- Kostnadskalkylen inkluderar konsultkostnader för upprättande av förfrågningsunderlag (projektering), stöd under byggskedet i form av byggledning och kontroll samt upprättande av relationshandlingar.
- Konsultpåslaget är uppskattat till 20 % av entreprenadkostnaden.

5.1.2 Anläggningskostnadskalkyl utredningsalternativ 4B

I det här avsnittet presenteras anläggningskostnadskalkylen för alternativ 4B, som innebär att Bromma reningsverk läggs ned och att vattnet från Västerort leds till Henriksdals reningsverk. Anläggningskostnaden är sammanfattad i Tabell 5-1.

Tabell 5-1. Sammanställning av anläggningskostnader alternativ 4B, Mkr.

Kostnadspost	4B
Berg	271
Bygg & mark	272
VVS	60
Maskin	958
Entreprenörspåslag, 40 % av maskin	383
El- och automation, 35 % av maskin inkl. entreprenörspåslag	469
Oförutsett, 25 %	603
Entreprenadkostnad	3 016
Proj.-, byggledning, kontroll 20 %	603
Anläggningskostnad	3 619

Till detta ska adderas en nedläggningskostnad för Bromma reningsverk+ beräknat bokfört värde år 2018 uppgående till totalt 291Mkr. Den totala anläggningskostnaden för Stockholm Vatten blir därmed 3619+291=3910 Mkr för detta alternativ.

En fullständig redovisning av anläggningskostnaden för alternativ 4B finns i Bilaga 5.

5.2 Kapitalkostnadskalkyl

Kapitalkostnaden har beräknats och redovisas nedan.

5.2.1 Förutsättningar för kapitalkostnadskalkylen

Nya delar:

Kapitalkostnader för anläggningskostnaderna har beräknats utifrån en ränta på 6,0 % samt avskrivningstider för berg (50 år), bygg/mark (30 år), VVS (30 år), maskin (15 år) samt el och automation (10 år). I Tabell 5-2 presenteras räntor och annuitetsfaktorer.

Tabell 5-2. Parametrar för kapitalkostnadsberäkning

Kostnadspost	Enhet	Värde
Ränta	%	6,0
Avskrivningstid, berg	år	50
Avskrivningstid, bygg	år	30
Avskrivningstid, VVS	år	30
Avskrivningstid, maskin	år	15
Avskrivningstid, el och automation	år	10
Annuitet, mark	%	6,3
Annuitet, bygg	%	7,3
Annuitet, VVS	%	7,3
Annuitet, maskin	%	10,3
Annuitet, el- och automation	%	13,6

Kapitalkostnaden är beräknade på den totala anläggningskostnadskalkylen där posterna för oförutsett och proj./byggledning/kontroll är proportionellt fördelade på berg, bygg, VVS, maskin samt el/automation.

För rivningen av Bromma reningsverk antas kapitalkostnaden för rivningsarbetet ha samma annuitet och avskrivningstid som bygg.

Kvarstående kapitalkostnader befintliga delar:

Kapitalkostnaderna för existerande anläggningsdelar antas vara lika stora som år 2012. Ingen hänsyn har tagits till att vissa anläggningsdelar läggs ned eller byggs om. Nyinvesteringar i befintliga reningsverksdelar gör att kapitalkostnaderna inte förväntas sjunka mellan år 2012 och år 2040.

Detta ger en kapitalkostnad på ca 24 Mkr/år för Bromma avloppsreningsverk och 47 Mkr för Henriksdals avloppsreningsverk enligt årsredovisningar och utfall.

För Brommareningsverk antas kapitalkostnaden för befintliga delar vara i storleksordningen som vid nedläggningen av verket, vilket beräknas ske omkring år 2018.

5.2.2 Kapitalkostnadskalkyl utredningsalternativ 4B

I Tabell 5-3 redovisas kapitalkostnader för alternativ 4B.

Tabell 5-3. Kapitalkostnader för alternativ 4, Mkr/år.

Kostnadspost	4B
Nya delar	
Berg	26
Bygg	30
VVS	7
Maskin	207
El och automation	96
Summa nya delar	365
Nedläggning	0
Befintliga delar	47
Totalt	412

Till detta ska adderas enligt ovan en kapitalkostnad på 24 Mkr/år adderas vilket innebär en total kapitalkostnad på $412+24=436$ Mkr/år.

5.3 Drift- och underhållskostnadskalkyl

Drift- och underhållskostnader har beräknats för utbyggnadsalternativ 4B och redovisas nedan. Det totala underlaget redovisas i Bilaga 6.

5.3.1 Förutsättningar för drift- och underhållskostnadskalkylen

I drift- och underhållskostnaderna ingår kostnad för uppskattad elförbrukning, värmeförbrukning, kemikalieförbrukning, slamtransporter, förebyggande och avhjälpande underhåll samt personal. I driftkostnaderna ingår inte kostnader för laboratorieanalyser, övriga kemikalier, persontransporter m.m. Driftkostnaderna beräknas för år 1.

Enhetspriser och ansatser för beräkningar av driftkostnader redovisas i Tabell 5-4.

Tabell 5-4. Enhetspriser för drift- och underhållskostnader per år.

Kostnadspost	Enhet	Värde
Elenergi	kr/kWh	1,0
Värmeenergi	kr/kWh	0,5
Biogas	kr/kWh	0,5
Järnsulfat	kr/ton	523
Metanol	kr/ton	3 267
Polymer (100 %)	kr/ton	35 000
Polyaluminiumklorid (9 %)	kr/ton	2 400
Natriumhypoklorit (12 %)	kr/ton	4 000
Oxalsyra (100 %)	kr/ton	15 000

Saltsyra (35 %)	kr/ton	5 000
Sand Actiflo	kr/ton	1 000
Slamavyttring	kr/ton	400*
Rensavyttring	kr/ton	650
Sandavyttring	kr/ton	860
Personalkostnad	kr/år, person	800 000

* Ett nytt avtal ska skrivas, så denna kostnadsuppgift är mycket osäker.

El, värme, kemikalier, slamhantering:

- För elförbrukning, värmebehov, kemikalieförbrukning, slamproduktion och biogasproduktion hänvisas till Kapitel 3 med bilagor.
- Sand- och rensmängder uppskattas till 1,5 kg/p,år.
- Inkomsten för såld biogas jämföras med priset på fjärrvärme.
- Membranbyten i MBR-anläggningen räknas som en driftkostnad. Membranen byts vart 10:e år. Bytet antas ske kontinuerligt varför kostnaden för att byta ut alla membran slagits ut på 10 år.

Personal:

Ytterligare 6 anställda inom drift behövs efter utbyggnad för detta alternativ. Nuvarande personalkostnad för Bromma och Henriksdal har hämtats från 2012 års resultaträkning där personalkostnader finns redovisade liksom övergripande personalkostnader som är gemensamma för de två verken (tex utvecklingsarbete, projektledning etc.). I utredningsalternativ 4B ligger hela de övergripande personalkostnaderna på Henriksdals reningsverk.

De personalkostnader som redovisas förutsätter att Henriksdal är fullt utbyggt och i drift. En större personalstyrka kommer att krävas under ombyggnad, driftsättning och optimering av reningsprocessen, då ingen extra personal kan lånas in från Bromma. Detta är dock inte taget hänsyn till i redovisade beräkningar.

Underhåll:

Underhållskostnaderna för de nya anläggningsdelarna är baserade på en uppskattad procentsats av investeringskostnaderna för berg, bygg/mark, maskin, VVS samt el och automation. Entreprenörs- och byggledningsposterna är inte medräknade, men däremot posten för oförutsett. Procentsatserna redovisas i Tabell 5-5.

Tabell 5-5. Procentsatser för beräkning av underhållskostnader för nya anläggningsdelar.

Kostnadspost	Enhet	Värde
Berg	%	0,1
Bygg	%	0,5
VVS	%	2,5
Maskin	%	2,5
El och automation	%	2,5

Underhållskostnaderna för befintliga delar är tagna ur resultaträkning för 2012. I det här stadiet har ingen avräkning gjorts för anläggningsdelar som kommer att byggas bort.

5.3.2 Sammanställning av drift- och underhållskostnader utredningsalternativ 4B

Nedan presenteras drift- och underhållskostnads kalkylen för alternativ 4B, som innebär att Bromma reningsverk läggs ned och att flödet från Västerort leds till Henriksdals reningsverk. Sammanställningen redovisas i Tabell 5-6.

Tabell 5-6. Sammanställning av drift- och Underhållskostnader för alternativ 4B, i kkt/år.

Kostnadspost	4B
Drift	
Energi	
Elenergiförbrukning	63 267
Värmeförbrukning	23 665
Biogasproduktion	-47 757
Kemikalieförbrukning	
Järnsulfat	4 774
Metanol	12 521
Polymer	16 642
Polyaluminiumklorid	0
Natriumhypoklorit	645
Oxalsyra	2 873
Saltsyra	0
Sand	0
Byte av membran	26 681
Slam	42 559

Rens	2 025
Sand	1 531
Personal	25 171
Totalt drift	174 595
Underhåll	
Underhåll, nya delar	
Berg	339
Bygg	1 698
VVS	1 875
Maskin	29 925
El och automation	14 663
Totalt	48 499
Underhåll, befintligt	27 118
Totalt, underhåll	75 617
Drift och underhåll, totalt	250 212

5.4 Årskostnader

Den totala årskostnaden är summan av kapitalkostnaden och drift- och underhållskostnaden. För utredningsalternativ 4B (inklusive nedläggning av Bromma reningsverk) blir då den totala årskostnaden då $24+412+250=$ **686 Mkr/år**.

Kapitel 6 Riskanalys

6 RISKANALYS

6.1 Inledning

Syftet med denna riskanalys har varit att analysera risker vid genomförande av de olika utredningsalternativen. Riskanalysen med, i förekommande fall, riskreducerande åtgärdsförslag, är främst tänkt att användas som vägledning vid inriktningsbeslut men kan med fördel även användas i nästkommande projekteringsfas.

6.2 Metod

En översiktlig riskanalys har utförts i enlighet med metod och riskvärdering från utredningsuppdraget "Västerorts framtida avloppsvattenrening- Ledningsnät". Risker vid genomförandet med avseende på kostnad, tid, arbetsmiljö, tredje person samt omgivning/miljö har analyserats. Värdering av sannolikhet och konsekvenser presenteras i avsnitt 6.4.

För vart och ett av utredningsalternativen 1-4 är riskerna presenterade i tre olika matriser grupperade enligt:

- 1) kostnader (K)
- 2) tid (T)
- 3) arbetsmiljö (A) / tredje person (P) / omgivning/miljö (M)

6.2.1 Riskvärdering

Risken värderas enligt följande:

- Förhöjd (grön) - Risken påverkar projektet i viss eller liten mån. Risken hanteras genom att risken överförs till byggskedet
- Allvarig (gul) - Risken kan äventyra projektet i stor eller medelstor utsträckning. Rimliga riskreducerande åtgärder med avseende på tid och kostnad skall vidtas.
- Mycket kritisk eller stor (röd) - Risken äventyrar projektet i mycket stor eller stor utsträckning. Riskreducerande åtgärder skall vidtas.

Utgångspunkt vid identifiering av risker har varit genomförandetidplaner samt utredning av genomförandet enligt Kapitel 4.

6.3 Genomförande

Riskanalysen utfördes 2013-06-27. I granskningsgruppen ingick följande personer:

Agnes Mossakowska, Stockholm Vatten, Lars-Gunnar Reinius, Stockholm Vatten Jonas Grundestam, Stockholm Vatten, Christer Laurell, Stockholm Vatten, Jan Hultgren, K-Konsult, Jan Friberg, Sweco

Riskgranskningsledare: Åsa Westlund, Sweco.

6.4 Resultat

I det här avsnittet redovisas resultaten från riskutvärderingen för utredningsalternativ 4.

6.4.1 Riskanalys alternativ 4

Riskanalys med avseende på kostnad (K)

I riskmatrisen i Figur 6-1 representeras varje risk av ett nummer. De plottade riskerna beskrivs sedan närmare i Tabell 6-1. I förekommande fall redovisas även av riskgranskningens grupp föreslagna åtgärder.

Sannolikhet						
Mycket stor Mycket troligt att den inträffar	5					
Stor Troligt att den inträffar	4					
Medel Kan inträffa	3		23:K	14:K 19:K		
Låg Bedöms troligen inte inträffa	2	5:K	15:K	9:K 13:K		20:K 26:K
Mycket låg Bedöms inte inträffa	1					
		1	2	3	4	5

Konsekvens

Kostnad	Mycket låg < 1Mkr	Låg 1-5 Mkr	Medel 5-20Mkr	Stor 20-50 Mkr	Mycket stor >50 Mkr
----------------	----------------------	----------------	------------------	-------------------	------------------------

Uttryckt i ökade kostnader för projektet

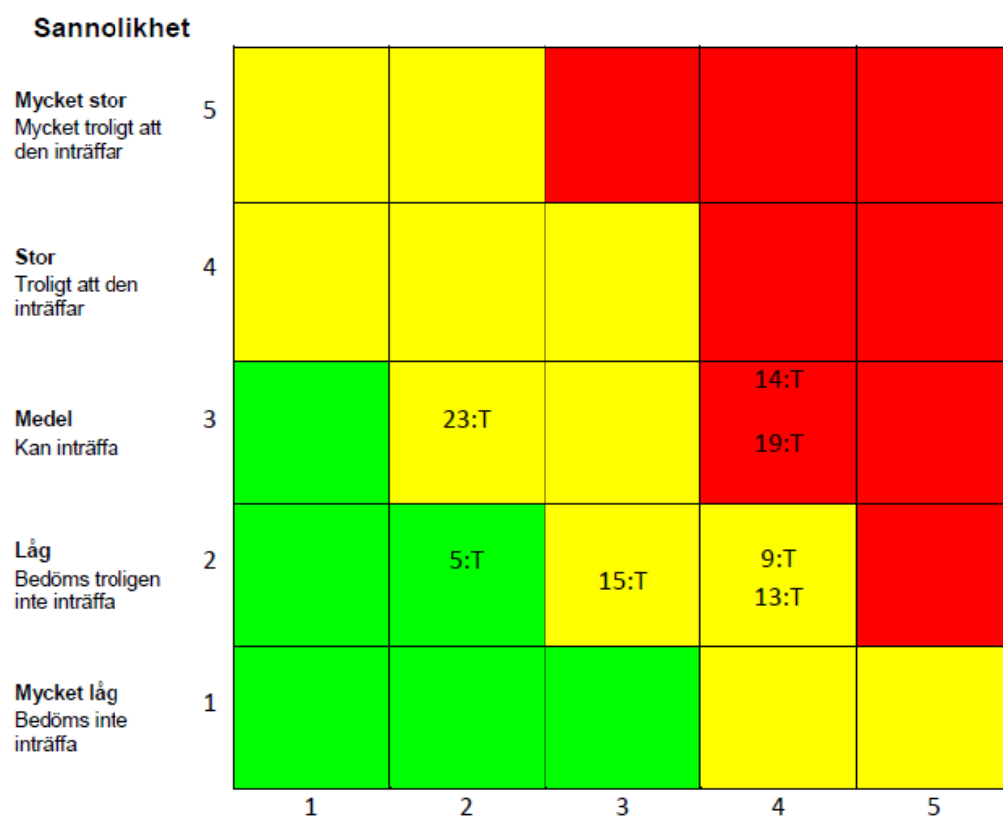
Figur 6-1. Riskmatris med avseende på kostnad, utredningsalternativ 4

Tabell 6-1. Beskrivning av oönskade händelser ur kostnadsperspektiv, utredningsalternativ 4

nr		Oönskad händelse/beskrivning	Föreslagen riskreducerande åtgärd
5:K		Försenad handläggning i miljödomstolen, kompletterande ansökan.	
9:K		Genomförandebeslutet blir uppskjutet	
13:K		Annan entreprenadform ersätter delad entreprenad	
14:K		Upphandlingen överklagas	
15:K		Bomsalva vid sprängning	Försiktig sprängning rekommenderas och har tagits hänsyn till i tidplanen.
19:K		Etablering vid Bromma, Henriksdal och Sickla	Tidigt samråd och överenskommelse med Stockholm Stad för att hitta lämplig lokalisering av etableringsytor.
20:K		Problem med kvittblivning av bergmassor	Samordning med övriga infrastrukturprojekt i Stockholmsområdet
23:K		Problem vid driftsättning av reningssteg med ny teknik (MBR)	Pilotanläggningar är redan i drift på både Henriksdal och på Syvab. Driftsättning sker etappvis. Utcheckning av och test av system innan driftsättning. Utbildning av process och driftpersonal.
26:K		Igensättning av membranen i MBR-anläggningen	Val av membran som klarar olika typer av vatten. Hänsyn till redundans för att sprida risken. Reservkraft för kringutrustning till MBR.

Risakanalys med avseende på tid (T)

I riskmatrisen i Figur 6-2 redovisas risker ur tidsperspektiv. Varje risk representeras av ett nummer. Förklaringar till numren finns i Tabell 6-2. I förekommande fall finns även av riskgranskningsgruppen föreslagna åtgärder listade i tabellen.



Konsekvens

Tid	Mycket låg < 1 månad	Låg 1-3 månader	Medel 3-6 månader	Stor 6-12 månader	Mycket stor >12 månader
Uttryckt som försening i antalet månader					

Figur 6-2. Riskmatris med avseende på tid, utredningsalternativ 4

Tabell 6-2. Beskrivning av oönskade händelser ur tidsperspektiv, utredningsalternativ 4

nr		Oönskad händelse/beskrivning	Föreslagen riskreducerande åtgärd
5:T		Försenad handläggning i miljödomstolen, kompletterande ansökan.	
9:T		Genomförandebeslutet blir uppskjutet, flera kommuner inblandade	
13:T		Annan entreprenadform ersätter delad entreprenad	
14:T		Upphandlingen överklagas	
15:T		Bomsalva vid sprängning	Försiktig sprängning rekommenderas och har tagits hänsyn till i tidplanen.
19:T		Etablering vid Bromma, Henriksdal och Sickla	Tidigt samråd och överenskommelse med Stockholm Stad för att hitta lämplig lokalisering av etableringsytor.
23:T		Problem vid driftsättning av reningssteg med ny teknik (MBR)	Vaccumteknik och polymerer kan förebygga problemen

Risikanalys med avseende på miljö/omgivning (M), arbetsmiljö (A) samt tredje person (P)

I Figur 6-3 redovisas risker med avseende på miljö/omgivning (M), arbetsmiljö (A) samt tredje person (P). I Tabell 6-3 beskrivs riskerna. I förekommande fall beskrivs även åtgärder för att reducera riskerna.

Sannolikhet

Mycket stor Mycket troligt att den inträffar	5	21:P 24:A				
Stor Troligt att den inträffar	4					
Medel Kan inträffa	3					
Låg Bedöms troligen inte inträffa	2	20:P	26:M			
Mycket låg Bedöms inte inträffa	1					
		1	2	3	4	5

Konsekvens

Miljö/omgivning

Uttryckt som effekter
på omgivning/miljö

Övergående
lindriga obehag/
Riktvärde
överskridet

Tillfällig allvarlig
effekt/
Gränsvärde
överskridet

Långtids-
verkande effekt

Kvarstående
mindre allvarliga
effekter

Kvarstående

Arbetsmiljö

Uttryckt som skador
på personal

Övergående
lindriga obehag

Svåra obehag

Enstaka svårt
skadade

Flera svårt
skadade

Döda, flera svårt
skadade

3:dje person-

Uttryckt i skada

Övergående
lindriga obehag

Svåra obehag

Enstaka svårt
skadade

Flera svårt
skadade

Döda, flera svårt
skadade

Figur 6-3. Riskmatris med avseende på miljö (M), arbetsmiljö (A) och tredjeperson (P)

Tabell 6-3. Beskrivning av risker ur miljö- (M), arbetsmiljö- (A) och tredjepersonsperspektiv, utredningsalternativ 4

nr		Beskrivning	Föreslagen riskreducerande åtgärd
20:P		Krossning av bergmassor då det bildas stendamm som sprids till omgivningen	Samordning med övriga infrastrukturprojekt i Stockholmsområdet för lämplig lokalisering.
21:P		Byggtrafik under genomförandet	Tidig och tydlig information till allmänheten.
24:A		Störningar av drift under ombyggnad	God ventilation, planering av logistik kring uttransporter av berg, god planering vid ombyggnation.
26:M		Igensättning av membranen i MBR-anläggningen	Val av membran som klarar olika typer av vatten. Hänsyn till redundans för att sprida risken. Reservkraft för kringutrustning till MBR

6.5 Slutsatser riskanalys

Vid riskgranskningen har oönskade händelser identifierats och riskerna värderats. Flera av de mest kritiska (röda) riskerna bedöms sannolika vid flera eller samtliga utredningsalternativ. Riskreducerande åtgärder krävs och redovisas ovan. Riskanalysen är ett levande dokument och ska användas i nästkommande skede av projektet.

De identifierade kritiska riskerna är:

- Försenad handläggning i miljödomstolen, t ex beroende på att det kan krävas kompletteringar
- Genomförandebeslutet blir uppskjutet, t ex beroende på att det är flera ägare/kommuner inblandade
- Upphandlingen överklagas
- Annan entreprenadform än delad entreprenad förlänger tidplanen
- Etablering vid Bromma, Henriksdal och Sickla är besvärligt av utrymmesskäl
- Kvittblivning av bergmassor är ett problem i Stockholmsområdet p g a överskott på berg
- Igensättning av membranen i MBR-anläggningen

Kapitel 7 Referenser

7 REFERENSER

ATV-DVWK-A 131E. 2000. Dimensioning of single stage activated sludge plants. Handbok.

Cote P, Alam Z, Penny J. 2012. Hollow fiber membrane life in membrane bioreactors (MBR). Desalination 288, p. 145–151

Grundestam J, Reinius LG. 2013. Västerorts framtida avloppsrening -Förutsättning för reningsverk. Rapport Stockholm Vatten AB

Bilaga 1

Process- och dimensioneringsberäkningar

Inlopp	Enhet	T12	T17
Dimensionerande flöden			
Medelflöde	m3/s	5,38	5,38
Medelflöde	m3/h	19 352	19 352
Medelflöde	m3/d	464 439	464 439
Maxflöde bio	m3/s	10,0	10,0
Maxflöde bio	m3/h	36 000	36 000
Maxflöde bio	m3/d	864 000	864 000
Dimensionerande belastning			
BOD5	kg/d	81 913	81 913
Total-N	kg/d	18 840	18 840
Total-P	kg/d	2 512	2 512
SS	kg/d	109 900	109 900
Förbehandling		T12	T17
Summabelastning förbehandling (In+rejekt)			
Flöde	m3/d	474 935	475 116
BOD5	kg/d	88 057	88 166
Total-N	kg/d	22 634	22 656
Total-P	kg/d	3 216	3 222
SS	kg/d	116 044	116 153
Avskiljning förbehandling			
BOD5	%	50%	50%
Total-N	%	10%	10%
Total-P	%	30%	30%
SS	%	60%	60%
Summabelastning biosteget			
Flöde	m3/d	474 935	475 116
Flöde	m3/h	19 789	19 796
BOD5	kg/d	44 029	44 083
Total-N	kg/d	20 371	20 390
Total-P	kg/d	2 251	2 256
SS	kg/d	46 418	46 461
SS/BOD5		1,05	1,05
Biologisk rening		T12	T17
Dimensionerande parametrar			
VSS halt (bio+kem+EDN)	% av SS	60%	60%
Specifik slamproduktion	kg SS/kg BOD ₅	0,920	0,920
Bioslamproduktion (SS)	kgSS/d	40 506	40 557
Kemslamprodukton (SS)	kgSS/d	16 181	16 154
E-DN slamproduktion (SS)	kgSS/d	5 660	6 939
Total slamproduktion (SS)	kgSS/d	62 347	63 650
Total slamproduktion (VSS)	kgVSS/d	37 408	38 190
MLSS koncentration aktivslam	kgMLSS/m ³	6,3	6,3
MLVSS koncentration aktivslam	kgMLVSS/m ³	3,8	3,8
N i slam	% av VSS	8,0%	8,0%
P i slam	% VSS	1,5%	1,5%
N icke nedbrytbar	mg/l	1	1

1 570 000 p

Temperatur	°C	12	17
Initial fördenitrifikationshastighet	g NO ₃ -N/kgVSS,h	2,2	2,8
Sekundär fördenitrifikationshastighet	g NO ₃ -N/kgVSS,h	0,9	1,1
Efterdenitrifikationshastighet	g NO ₃ -N/kgVSS,h	3,9	5,0
Dimensionerande slamålder, aerob	d	8,21	5,03
Dimensionerande slamålder, metanol	d	3,00	1,70

Beräknat

Nödvändig aerob volym	m3	81 274	50 823
-----------------------	----	--------	--------

Simultanfällning

Nödvändig fällning	kg P/d	1 597	1 590
Fällningskemikalie		Fe2+	Fe2+
Slamproduktion	kgSS/d	7 825	7 791

Anox zon

Antal linjer	st	7	7
Volym per linje	m3	15 000	15 000
Beräknad volym	m3	103 875	81 036
Vald volym	m3	105 000	105 000
Nitratrecirkulation av Qin		4	4
Slamhalt anoxvolym	mgSS/l	5,8	5,8
HRT, medelflöde	h	5,3	5,3
HRT, maxflöde	h	2,9	2,9

Ox zon

Antal linjer	st	7	7
Volym per linje	m3	11 600	7 000
Beräknad volym	m3	81 274	50 823
Vald volym	m3	81 200	49 000
Slamhalt i ox-volymen	mgSS/l	6,3	6,3
HRT, medelflöde	h	4,1	2,6
HRT, maxflöde	h	2,3	1,4
Kontroll nitrifikationshastighet	g NH ₄ -N/kgVSS,h	2,23	3,69

EDN-zon

Antal linjer	st	7	7
Volym per linje	m3	1 800	1 800
Beräknad volym	m3	11 464	11 013
Vald volym	m3	12 600	12 600
Kolkälla		metanol	metanol
HRT, medelflöde	h	0,6	0,6
HRT, maxflöde	h	0,3	0,3
Kapacitet	kg NO ₃ -N/d	4 443	5 671
Kontroll efterdenitrifikationshastighet	g NO ₃ -N/kg VSS, h	3,54	4,34

Luftning/DeOx

Antal linjer	st	7	7
Volym per linje	m3	600	600
Volym	m3	4 200	4 200

HRT, medelflöde	min	12,7	12,7
HRT, maxflöde	min	7,0	7,0

Valda volymer

ARP	m3	0	0
SSH	m3	0	0
Anox	m3	105 000	105 000
Anox/Ox	m3	32 200	32 200
Ox	m3	49 000	49 000
EDN	m3	12 600	12 600
Luftning/DeOx	m3	4 200	4 200
Total	m3	203 000	203 000
Djup	m	12	12
Area	m2	16 917	16 917

Kontrollparametrar

F/M-kvot	kg BOD/kgMLSS,d	0,034	0,034
BOD-belastning total	kg BOD/m3,d	0,22	0,22
HRT total	h	10,3	10,3
Medel slamhalt AS+ARP	kgSS/m3	6,30	6,30
SRT total (utom SSH)	d	20,5	20,1
SRT luftad (ox+ARP)	d	8,2	4,8

Kvävebalans

N inkommande bio	kg/d	20 371	20 390
N överskottslam	kg/d	2 993	3 055
N inert	kg/d	464	464
NH4-N utlopp	mg/l	1	1
NH4-N utlopp	kg/d	475	475
Att nitrifiera	kg/d	16 439	16 395
Producerad NO3-N (ut ur ox)	kg/d	16 439	16 395
Nitratcirkulation	%	1,9	1,9
Att fördenitrifiera max	kg/d	10 770	10 742
Denitrifierat initial hast	kg/d	5 504	5 510
Volym initial hast	m3	30 621	24 022
Denitrifierat sekundär hastighet	kg/d	5 266	5 231
Volym sekundär hast	m3	73 254	57 014
NO3-N in i EDN	kg/d	5 668	5 654
Maxkapacitet EDN	kg/d	7 406	9 452
Max NO3-N utgående	mg/l	3,5	1,5
Max NO3-N utgående	kg/d	1626	697
Nödvändig EDN	kg/d	4 043	4 957
MeOH förbrukning	kg/d	9 433	11 566
MeOH förbrukning	m3/d	11,9	14,6
N-tot ut ur biosteget	mg/l	5,5	3,5

Fosforbalans

P inkommande bio	kg/d	2 251	2 256
P överskottslam	kg/d	561	573
P ut ur bio	kg/d	1 690	1 683

varav partikulärt	kg/d	2	2
varav löst	kg/d	1688	1681
P krav	kg/d	93	93
Att simultanfälla	kg/d	1596,9	1590,0
P-tot ut ut reningsverket	mg/l	0,20	0,20

BOD-reduktion

BOD in	kg/d	44 029	44 083
BOD-reduktion fördenitrifikation	kg/d	43 080	42 967
reduktion luftning	%	90%	90%
Utgåene BOD	kg/d	94,83	111,60
Utgåene BOD	mg/l	0,20	0,24

Membran

Slamhalt ut ur bio	kgSS/m3	6,3	6,3
Slamhalt efter membran	mg/l	0,5	0,5
Recirkulationsgrad returslam av Qin		3,0	3,0
Slamhalt i returslammet		7,2	7,2

Utgående halter		T12	T17
BOD5	mg/l	0,20	0,24
Total-N	mg/l	5,50	3,50
Total-P	mg/l	0,20	0,20
SS	mg/l	0,5	0,5

Slambehandling		T12	T17
----------------	--	-----	-----

Slamproduktion

Primärslam	kg TS/d	74 353	74 429
TS-halt PS	kg TS/m3	3,5%	3,5%
VSS av TS	%	70%	70%
Slamvolym PS	m3/d	2 124	2 127
Överskottslam	kgTS/d	62 347	63 650
SS-halt ÖS	kgTS/m3	7,2	7,2
VSS av TS	%	60%	60%
Slamvolym	m3/d	8 659	8 840

Förtjockning av PS

		1	1
Behov	m3/d	2 124	2 127
Behov 22h/d	m3/h	97	97
Kapacitet	m3/h,enhet	40	40
Redundans	st	1	1
Behov antal enheter	st	4	4
Intallerade enheter	st	0	0
Slamhalt efter förtjockare	%	6%	6%
Avskiljningsgrad förtjockare	%	100%	100%
SS ut ur förtjockare	kgTS/d	74 353	74 429
Slamvolym ut förtjockare	m3/d	1 239	1 240

Rejekt PS-förtjockare

Flöde	m3/d	885	886
Förtjockning av ÖS			
Behov	m3/d	8 659	8 840
Behov 22h/d	m3/h	394	402
Kapacitet	m3/h,enhet	50	50
Redundans	st	1	1
Behov antal enheter	st	9	10
Intallerade enheter	st	5	5
Slamhalt efter förtjockare	%	5,0%	5,0%
Avskiljningsgrad förtjockare	%	93%	93%
SS ut ur förtjockare	kgTS/d	57 983	59 195
Slamvolym ut förtjockare	m3/d	1 160	1 184
Rejekt förtjockare			
Flöde	m3/d	7 500	7 656
BOD5 (=SS)	kg/d	4 364	4 456
Total-N (part. + löst)	kg/d	251	241
NH4-N (inkl org-N)	kg/d	224	229
Total-P	kg/d	39	40
SS	kg/d	4 364	4 456
BOD5	mg/l	582	582
Total-N	mg/l	33	31
NH4-N (inkl org-N)	kg/d	30	30
Total-P	mg/l	5	5
SS	mg/l	582	582
In i rötkammare			
Slammängd (PS+förtjockat ÖS)	kgTS/d	132 336	133 624
Slamvolym (PS+förtjockat ÖS)	m3/d	2 399	2 424
TS-halt	kgTS/d	5,5%	5,5%
VSS-halt	%	66%	66%
VSS-mängd	kgVSS/d	86 837	87 617
Uppehållstid	d	16	16
Nödvändig volym	m3	38 382	38 790
Installerad volym	m3	39 000	39 000
CH4-produktion av VSS	%	50%	50%
Gasproduktion	Nm3/d	43 418	43 809
Slammängd ut	kgTS/d	88 918	89 815
VSS-halt ut av TS	%	49%	49%
Slamtankar för rötat slam			
Uppehållstid	d	3	3
Nödvändig volym	m3	7 197	7 273
Installerad volym	m3	11 600	11 600
Slamcentrifug			
Slamvolym in	m3/d	2 399	2 424
Slamvolym in	m3/v	16 792	16 971

1 570 000 p

Behov 5d/v, 20h/d	m3/h	168	170
Kapacitet	m3/h, enhet	35	35
Redundans	st	1	1
Totalt behov	st	6	6
Installerade enheter	st	5	5
Slamhalt efter centrifug	%	0%	0%
Slamhalt efter centrifug	%	30%	30%
Avskiljningsgrad centrifug	%	98%	98%
SS ut ur centrifug	kgTS/d	87 139	88 019
Slamvolym ut centrifug	m3/d	290	293

Rejekt centrifug

Flöde	m3/d	2 108	2 131
BOD5 (=SS)	kg/d	1 778	1 796
Total-N (part. + nedbrutet i rötammaren)	kg/d	3 543	3 575
Total-P (part. + nedbrutet i rötammare)	kg/d	664	670
SS	kg/d	1 778	1 796

BOD5 (=SS)	mg/l	843	843
Total-N (part. + nedbrutet i rötammaren)	mg/l	1 680	1 678
Total-P (part. + nedbrutet i rötammare)	mg/l	315	315
SS	mg/l	843	843

Rening av förbiledning biosteget

Max flöde	m3/s	5	5
BOD5	mg/l	94,8	94,9
Total-N	mg/l	43,9	43,9
Total-P	mg/l	4,8	4,9
SS	mg/l	99,9	100,0

SS in i sandfilter (SS+kemslam)	kg SS/h	2 235	2 238
Tillgänglig sandfilterarea	m2	3 600	3 600
Area per filter	m2	60	60
Antal filter	st	60	60
Slamlagringskapacitet	kg SS/m2	3	3
Dimensionerande Ytbelastning	m/h	15	15
Ytbelastning - alla filter i drift	m/h	5	5
Ytbelastning - 80% filter i drift	m/h	6	6
Tid innan igensättning - alla filter i drift	h	4,83	4,83
Antal filter i drift	st	53	53
Tid innan igensättning - m avställda filter	h	4,27	4,26

spoltid	h	0,5	0,5
Antal avställda filter	st	7,0	7,0
Tid för att spola alla filter	h	4,29	4,29

kemikaliedosering

Fe ²⁺	g Fe/m3	2	2
------------------	---------	---	---

Bilaga 2

Layoutritningar

FÖRKLARINGAR

- 1 Inloppspumpstation - Färsta tunneln
- 2 Ny inloppstunnel
- 3 Inloppspumpstation från Bromsö / Edshäll (ny)
- 4 Galler (nya)
- 5 Sandfång (nya)
- 6 Försedimenteringar ingå 7 block x 4 linjer
- 7 Hall för fingaller av försedimenterat vatten
- 8 Anslutningar till befintliga spillvatten tunnlar
- 9 Jämsulfat mottagning (ny) i befintliga utrymmen

BET	ART	ZUGESCHRIEBEN AN	DATUM	SEITE
-----	-----	------------------	-------	-------

VÄSTERORT 2040

 SWECO	SWECO ENVIRONMENT AB	AGENT	 Brooma reningsverk	HÄRLJÄRE	EXT HÄRLJÄRE	EXT HÄRLJÄRE
				ÅSTADEN	REFÄRÖMSTÄ AV	HANS NILSSON
				UPPDRAGS IR	SKALA	EXT ÅSTADEN
				-	DATUM	ÅSA WESTLUND
2013-08-16		1:1000, A1		PÅ ANSÖRAN		
2013-08-16		1:1000, A1		PÅ ANSÖRAN		
2013-08-16		1:1000, A1		PÅ ANSÖRAN		
2013-08-16		1:1000, A1		PÅ ANSÖRAN		

PROCESSFÖRSLAG 7

ALTERNATIV HENRIKSDAL 4B
GROVRENING OCH FÖRSÄMMENTERING

GROVRE
I SICKLA



FÖRKLARINGAR

- 1 Biologi
- | | |
|---|--------------------|
|  | FDH 105000m3 |
|  | Flex zon 32200m3 |
|  | Lufudd zon 49000m3 |
|  | Deox zon 4200m3 |
|  | EDN 12600m3 |
- Mellanväggar mellan varje zon.
- 2 MBR i BEF BASSÄNGER
- | | |
|---|-------------------------|
|  | YTA 1 10x20m Serviceyta |
|  | YTA 2 10x50m oxmöskitt |
|  | YTA 3 10x10m Maskin- |

- 3 Primärslamflöjning
3st bandförjökare men
polymerutsläpp. Placeras i bef
förslämler F01.
- 4 Överskottslamcentrifuger
Placeras i bef. förslämler F01.
F01. Totalt 9st.
5 Slamutlastning
Placering i berg, 6st Centrifuger
a 35m³/h ovan 3st silos 300m³.
6 Metallanläggning 10X13m
Placeras på berg utifrån
tunnelmynning. Pumpning av
metall. kan ske genom
skorstensschakt.
7 Befintliga galler byts ut mot
hållfästgaller.
8 Ny tunnel från Sickla till inlopp
biologi.
9 Sligarschakt
10 Hall för fingaller av
förslämler F01.

	any	any	anytime	anytime	anytime
--	-----	-----	---------	---------	---------

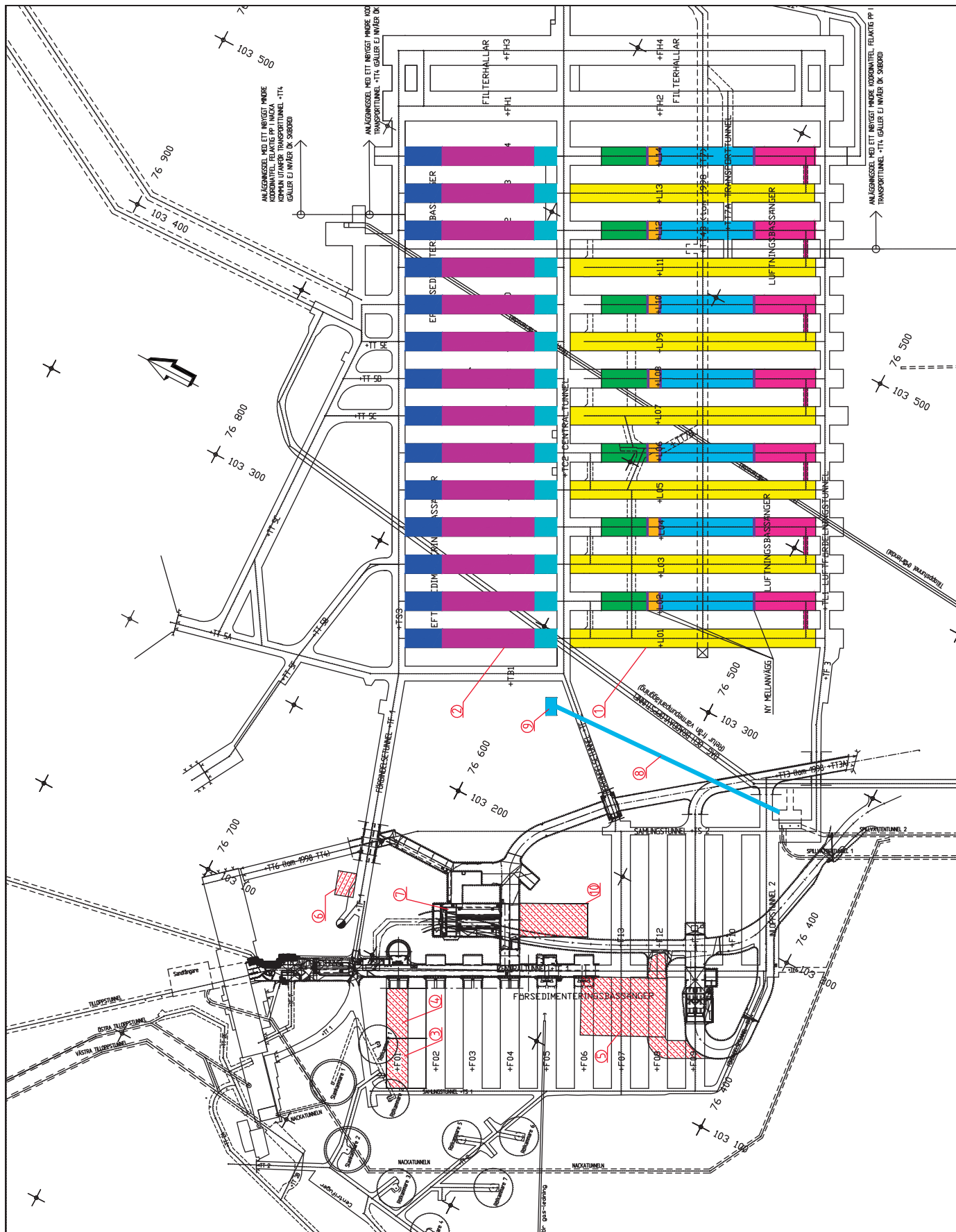
FÖRSTUDIE

VÄSTERORT 2040

[illegible]

PROCESSFÖRSLAG 7
ALTERNATIV HENRIKSDAL 4B

IRTH NUMBER
4B-2



Bilaga 3

Energiberäkningar

Beräkningar av elförbrukningen vid respektive reningsverk baseras på nuvarande elförbrukning. För Bromma och Henriksdals reningsverk har tidigare energiutredningar använts (år 2004 för Bromma och 2007 för Henriksdal). För Himmerfjärdsverket har total elenergiförbrukning år 2012 använts tillsammans med en energibalans över reningsverkets delsteg baserad på installerad effekt och teoretiska beräkningar.

Utifrån nuvarande energiförbrukning har sedan energiförbrukningen år 2040 uppskattats genom att delprocessernas och enheternas elförbrukning skalats upp i enlighet med dimensionerande flöde eller beräknade slammängder.

Sammanställningen nedan visar att energiförbrukningen är ojämnt fördelad från verk till verk. Detta beror på hur informationen om dagens elenergiförbrukning är redovisad. Tex är inte elförbrukningen för eftersedimentering vid Bromma reningsverk noll (se gråmarkerad ruta) utan denna energiförbrukning ligger inbakad i någon av de övriga posterna.

	Bromma 1A	H-dal 1B	Syvab 1C	Syvab 2C/4C	Nytt 2D	Syvab 3C	H-dal 4B	Bromma 2004	H-dal 2007	Syvab 2012	
MBR blåsmaskin	0	0	8 585	6 724	0	13 428	20 342	0	0	0	
Inloppspumpar	2 523	0	11 279	8 834	0	20 582	0	2 094	0	7 707	
blåsmaskiner bio	5 184	12 338	3 946	2 873	6 666	7 940	16 339	3 587	9 934	4 867	
DeAmmon	0	0	2 373	1 711	0	4 691	0	0	0	1 742	
Avgasning	0	3 169	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ventilation (utom kontorsbyggnad)	4 037	2 719	600	600	1 644	600	3 212	2 219	2 719	300	
nitratrecirkulationspumpar bio	1 187	879	1 337	1 047	731	2 846	2 819	985	1 079	0	
returslampumpar bio	1 035	660	1 337	1 047	406	2 439	3 175	859	540	381	
avvattningscentrifuger rötat slam	691	2 068	652	472	1 248	1 287	3 037	436	1 526	666	
Flotation överskottslam	0	0	1 389	1 389	0	1 389	0	0	0	1 389	
Biosteg övrigt (omrörare, ÖS-pump, belysning mm)	1 239	2 115	298	275	1 201	488	2 342	632	1 762	51	
Grovrening 1	840	1 755	1 706	1 336	1 061	3 113	2 462	352	1 376	1 166	
Grovrening 2	0	1 184	0	0	0	0	1 103	0	1 198	0	
inloppspumpar sandfilter	792	1 403	0	0	0	0	0	654	1 149	0	
Slamhantering övrigt	1 582	1 247	102	73	1 021	201	1 433	1 546	1 082	71	
Inloppspumpar biosteg	658	868	0	0	0	0	1 393	546	711	0	
Förtjockningscentrifug överskottslam	625	762	277	199	347	547	1 161	0	635	333	
cirkulationspumpar rötammare	181	745	237	172	516	468	1 095	150	465	242	
Eftersedimentering tot	0	1 195	0	0	722	0	0	0	1 195	739	
Kontors-/Personalbyggnad	381	957	1 000	1 000	139	1 000	957	381	957	1 000	
Sandfilter övrigt	333	471	0	0	421	0	0	285	386	333	
tunnelfläktar	0	0	0	0	0	0	0	0		876	
uppgrädering biogas	0	0	0	0	0	0	0	0		6 300	
fluidobädd EDN	0	0	0	0	0	0	0	0		1 752	
Övrigt	249	2 394	3 267	3 267	1 477	3 285	2 394	249	2 394	3 452	
Summa	21 536	36 929	38 384	31 019	17 600	64 304	63 264	14 975	29 107	33 367	MWh/år
Kontroll											
specifik elenergi	0,426	0,350	0,626	0,646	0,276	0,575	0,373	0,130	0,336	0,796 kWh/m ³	
utan inlopps-/bio-/SF-pumpar	17 315	32 263	23 838	18 918	17 600	40 437	59 477			MWh/år	
specifik elenergi utan pumpar	0,342	0,305	0,389	0,394	0,276	0,361	0,351			kWh/m ³	
specifik elenergi utan pumpar o MBR/avgasning	0,342	0,275	0,249	0,254	0,276	0,241	0,231			kWh/m ³	

Specifik kostnad i nuläget

Bromma 2012	0,265 kWh/m ³
Henriksdal 2012	0,327 kWh/m ³
Syvab 2012	0,791 kWh/m ³

BILAGA 3:2 VÄRMEFÖRBRUKNING

Förutsättningar för beräkningar

Beräkning av energiförbrukning för uppvärmning baseras på registrerad värmeförbrukning på respektive reningsverk år 2012 enligt Tabell A nedan.

Värmeförbrukningen har delats in i uppvärmning av byggnader, bergum och rötkammare.

Energiåtgång för uppvärmning av rötkammare har beräknats med formeln:

$$\text{Energi (kWh/d)} = Q_{\text{slam}} (\text{l/d}) \times \text{Specifik värme (0,00116 kWh/}^{\circ}\text{C, l)} \times \Delta T (^{\circ}\text{C})$$

Verkningsgraden för uppvärmning av slam har ansatts till 90%.

Energiåtgång för uppvärmning av utrymmen baseras på yta att värma upp. Yta för uppvärmning har uppskattats ur ritningar för respektive reningsverk.

Tabell A. Värmebalans för reningsverken år 2012

	Enhet	Bromma 2012	Henriksdal 2012	Himmerfjärdsverket 2012
Från miljörapport				
Värmeförbrukning	MWh/år	6 978	30 259	
Värmetyp		Fjärrvärme	Fjärrvärme	Biogaspanna
Biogasförbrukning	Nm ³ /år			1 251 000
Energiinnehåll biogas	kWh/Nm ³			6
Verkningsgrad panna	%			75
Beräknad biogasenergi	MWh/år			5 630
Beräknat				
<i>Uppvärmning rötkammare</i>				
Slam in till rötkammare	m ³ /d	384	1 370	385
TS-halt	%	4,1	3,2	4,8
Energi för uppvärmning	MWh/år	4 540	16 113	4 528
<i>Uppvärmning av byggnader</i>				
Yta kontor	m ²	1 500	10 650	3 000
Yta övriga byggnader	m ²	5 250	0	10 000
Specifikt värmebehov	kWh/m ² , år	50	50	50
<i>Uppvärmning av bergum</i>				
Yta	m ²	18 600	86 500	0
Specifikt värmebehov	kWh/m ² , år	100	150	0
<i>Summa värmebehov byggnader/berg</i>	MWh/år	2 198	13 505	650
Förluster uppvärmning	%	5	5	5
Summa värmebehov (inklusive förluster)		7 092	31 176	5 451

Beräknad värmeförbrukning år 2040

Värmeförbrukningen år 2040 består av värmen som åtgår för uppvärmning av rötkammaren samt bergum och byggnader. Resultatet redovisas i Tabell B nedan.

Uppvärmning av rötkammare beräknas på samma sätt som för år 2012 men med de slamflöden som erhålls ur processberäkningarna för vardera alternativ.

Uppvärmning av byggnader och bergum beräknas även de på samma sätt som ovan men tillkommande utrymmen läggs till befintliga.

Tabell B. Beräknat värmebehov år 2040 för de olika reningsverken.

	Enhet	1A	1B	1C	2D	3C	4B	4C
Uppvärmning rötkammare								
Slam in till rötkammare	m ³ /d	883	1 585	628	1 139	1 240	2 412	451
Energi för uppvärmning	MWh/år	10 385	18 641	7 386	13 396	14 548	28 368	5 304
Uppvärmning av byggnader								
Yta kontor etc.	m ²	1 500	10 650	3 000	0	3 000	10 650	3 000
Yta övriga byggnader	m ²	0	0	10 000	0	10 000	0	10 000
Yta nya byggnader		0	0	3 250	1 500	4 420	0	2 750
Specifikt värmebehov	kWh/m ² ,år	50	50	50	50	50	50	50
Uppvärmning av bergum								
Yta befintligt	m ²	18 600	86 500	0	0	0	86 500	0
Yta tillkommande	m ²	21 150	2 750	0	39 740	0	20 600	0
Specifikt värmebehov	kWh/m ² ,år	100	150	-	100	-	150	-
Summa värmebehov byggnader/berg	MWh/år	4 050	13 917	813	4 049	871	16 595	788
Förluster uppvärmning	%	5	5	5	5	5	5	5
Summa värmebehov (inklusive förluster)	MWh/år	15 195	34 272	8 630	18 363	16 268	47 329	6 412

Bilaga 4

Genomförandetidplaner

Bilaga 4:4 - Genomförandetidplan Alternativ 4

ID	Aktivitet	Varaktighet	Start	Slut	2014		2015				2016				2017				2018				2019				2020		
					Kv 2	Kv 3	Kv 4	Kv 1	Kv 2	Kv 3	Kv 4	Kv 1	Kv 2	Kv 3	Kv 4	Kv 1	Kv 2	Kv 3	Kv 4	Kv 1	Kv 2	Kv 3	Kv 4	Kv 1	Kv 2	Kv 3	Kv 4	Kv 1	Kv 2
1	Genomförande Alternativ 4	1591 dagar?	ti 13-10-01	ti 19-11-05																									
2	Förstudie	80 dagar	ti 13-10-01	må 14-01-20																									
3	Förstudie Bromma	0 månader	ti 13-10-01	ti 13-10-01																									
4	Förstudie Henriksdal	4 månader	ti 13-10-01	må 14-01-20																									
5	Förstudie Syvab	4 månader	ti 13-10-01	må 14-01-20																									
6	Principförslag	160 dagar	ti 13-10-01	må 14-05-12																									
7	Försökslinje Henriksdal MBR	3 månader	ti 13-10-01	må 13-12-23																									
8	Henriksdal	4 månader	ti 14-01-21	må 14-05-12																									
9	Syvab	4 månader	ti 14-01-21	må 14-05-12																									
10	Tillståndprocess	460 dagar	ti 13-10-01	må 15-07-06																									
11	Framtagande MKB och tillståndsansökan	11 månader	ti 13-10-01	må 14-08-04																									
12	Handläggningstid Miljödostolen	12 månader	ti 14-08-05	må 15-07-06																									
13	Beslut Miljödostolen	0 månader	må 15-07-06	må 15-07-06																									
14	Systemhandling	160 dagar	ti 14-05-13	må 14-12-22																									
15	Henriksdal	8 månader	ti 14-05-13	må 14-12-22																									
16	Syvab	8 månader	ti 14-05-13	må 14-12-22																									
17	Detalprojektering	540 dagar	ti 13-12-24	må 16-01-18																									
18	Försökslinje Henriksdal MBR	3 månader	ti 13-12-24	må 14-03-17																									
19	Henriksdal övrigt	14 månader	ti 14-12-23	må 16-01-18																									
20	Syvab	14 månader	ti 14-12-23	må 16-01-18																									
21	Upphandling försökslinjen	3 månader	ti 14-03-18	må 14-06-09																									
22	Byggskede försökslinje Henriksdal MBR	660 dagar	ti 14-06-10	må 16-12-19																									
23	Etablering Henriksdal	60 dagar	ti 14-06-10	må 14-09-01																									

Bilaga 5

Anläggningskostnadskalkyler

Bilaga 5:8 Anläggningskostnadskalkyl 4B



Uppdrag / Assignment	Upprättad av / Issued by Katharina Wollin	Datum / Date 2013-08-16	
Beställare/Client Stockholm Vatten	Kontrollerad av / Checked by Esbjörn Öhrström	Ändr / Rev	
Uppdragsnr./Reference No 1836344000	Godkänd av / Approved by Jan Friberg	Status-ersätter / Replace	

4B

GROV

KOSTNADSBEDÖMNING

Utbyggnad Henriksdals

RV. 1 570 000 p

Byggnadsdel		Antal	Enhet	Kapacitet	Pris/ enhet	Pris	Kommentar
Bygg & mark							
Stigarschakt		200	m3		3 000 kr	600 000 kr	
Inloppstunnlar		4 000	m3		3 000 kr	12 000 000 kr	
Tunnel, transportväg		3 750	m3		3 000 kr	11 250 000 kr	
Transportväg		750	m2		300 kr	225 000 kr	
Inloppspumpning, anpassningar						2 000 000 kr	
Bergsprängning, grovrening		17 380	m3		1 300 kr	22 594 000 kr	Pris enl Infrastructure
Bassängbotten, grovrening		2 000	m2		2 000 kr	4 000 000 kr	400 mm Betong
Bergbult, bottenplatta		500	st	1 st/ 4 m2	6 000 kr	3 000 000 kr	Ej konstruktionsberäknad.
Kanaler, grovrening		2 000	m3		3 000 kr	6 000 000 kr	
Sandfång		2 000	m3		3 000 kr	6 000 000 kr	
Bergsprängning, försed.		78 900	m3		1 300 kr	102 570 000 kr	Djup 4,5 m+4 m upp till tak
Bassängbotten, försed		9 282	m2		2 000 kr	18 564 000 kr	7 block á 65x20+betong (0,4)
Bergbult, bottenplatta		2 321	st	1 st/ 4 m2	6 000 kr	13 923 000 kr	
Ombyggnad av bef. sandfilter till högflödesbehandling						5 000 000 kr	Sandfilter anpassas?
Uppställning med invallning, metanol		200	m3		3 000 kr	600 000 kr	
Uppsamling, metanol		200	m3		2 500 kr	500 000 kr	
Anpassning av bioreaktorer- zonindelning i mellanväggar		3 360	m2		4 000 kr	13 440 000 kr	

Bilaga 5:8 Anläggningskostnadskalkyl 4B

Bergsprängning, MBR		22 400	m3		3 000 kr	67 200 000 kr	Förutsättningar: spränga bort ytterligare 2 m ovanför respektive bassäng, hela ytan (80*10 m), 14 bassänger
Anpassning av bef. eftersed bassänger för MBR						40 000 000 kr	demontering av eftersed. Nytt bjälklag för maskinutrustning i ändan på bassängen
Bassängtäckning poolguard, MBR		7 000	m2		2 200 kr	15 400 000 kr	
Travers, MBR		11 200	m2		1 000 kr	11 200 000 kr	
Renovering eftersed						140 000 000 kr	
Bergsprängning, slamutlastning		12 000	m3		1 300 kr	15 600 000 kr	
Bassängbotten		1 500	m2		2 000 kr	3 000 000 kr	
Bergbult, bottenplatta		375	st	1 st/ 4 m2	6 000 kr	2 250 000 kr	
tillkommande yta, Överskottslamcentrifugerna		300	m2		3 000 kr	900 000 kr	enl. skiss från Hans
Trätub		300	m			4 800 000 kr	
Transporttunnlar						20 000 000 kr	
Bergmassor tillfaller E							
Delsum Bygg & mark						542 616 000 kr	
VVS							
Ventilation, VS, värme						60 000 000 kr	
Maskininstallation							Inkl rör, montage, frakt
Inloppspumpar		6	st	2 m3/s	1 500 000 kr	9 000 000 kr	
Rensavskiljning		1 570 000	pe		25 kr	39 250 000 kr	8+10 sickla och bef. grovrening
Dispergering						15 000 000 kr	
Sandhantering		1 570 000	pe		15 kr	23 550 000 kr	
Dosering, förfällning						3 000 000 kr	
Försedimentering		40 950	m3		600 kr	24 570 000 kr	
Inloppspumpar, biosteg		3	st	0,7-1,2 m3/s	1 000 000 kr	3 000 000 kr	
Biosteg		203 000	m3		1 000 kr	203 000 000 kr	

Bilaga 5:8 Anläggningskostnadskalkyl 4B

MBR				2500 moduler, 1155000 m2	324 000 000 kr	324 000 000 kr	Alfalaval
Kringutrustning MBR		70%				226 800 000 kr	Luftningssystem, recirkulationspumpar, kemikaliedosering, rör, ventiler mm.
Dosering, efterfällning						3 000 000 kr	
Primärslamförtjockare		1 570 000	pe		20 kr	31 400 000 kr	
Överskottslamcentrifuger	4 nya av totalt 9	697 778	pe		15 kr	10 467 000 kr	
Slamavvattning		1 570 000	pe		15 kr	23 550 000 kr	
Slamsilos för rötslam		3	st	300 m3	5 000 000 kr	15 000 000 kr	
Slamutlastning						3 000 000 kr	
E-påslag		40%				383 035 000 kr	
Delsum Maskin						1 340 622 000 kr	
El och automation		35%		av maskin		469 220 000 kr	
OF		25%				603 115 000 kr	
Entreprenadkostnad						3 015 573 000 kr	
Proj, byggledning, kontroll		20%				603 115 000 kr	
Anläggningskostnad						3 618 688 000 kr	

Bilaga 6

Underlag Drift- och underhållskostnader

Personal

Parameter	Enhet	Värde
Personalkostnad befintlig		
Bromma	kr/år	9 063 000
Henriksdal	kr/år	9 296 000
Övergripande Henriksdal/Bromma	kr/år	11 075 000
Himmerfjärdsverket	kr/år	21 000 000

Verk, alternativ	Antal ytterligare heltidstjänster
1A	3,5
1B = 2B = 3B	3,5
1C	1
2C = 4C	1
2D	3,5
3C	3
4B	6

Genomsnittlig personalkostnad	kr/år	800 000
-------------------------------	-------	---------

Total personalkostnad, kr/år	
1A	17 400 500
1B=2B	17 633 500
1C	21 800 000
2C = 4C	21 800 000
2D - Bromma befintligt + de nya	17 400 500
3B	23 171 000
3C	23 400 000
4B	25 171 000

Underhåll

Tillkommande underhåll, % av anläggningskostnad

Kostnadspost	Enhet	Värde
Berg	%	0,1%
Bygg	%	0,5%
VVS	%	2,5%
Maskin	%	2,5%
El och automation	%	2,5%

Entreprenörspåslag och byggherrekostnader tas inte med, men däremot oförutsett
Oförutsettposten på 25 % fördelas jämnt över alla poster

För 1A, där en klumpsumma för grovrening/slamutlastning har angivits från en tidigare utredning, beräknas denna post separat. Det förmodas att åtminstone 20 % byggherrekostnader kan tas bort. Den resterande kostnaden räknas som hälften bygg och hälften maskin.

Använda anläggningskostnader, i Mkr:

Kostnadspost	1A	1B	1C	1D	Totalt
Berg	250	56	0	0	306
Bygg & mark	108	238	323	0	669
VVS	19	40	20	0	79
Maskin	84	396	285	0	765
Entreprenörspåslag, 40 % av maskin	40	158	114	0	313
El- och automation, 30 % av maskin	17	194	140	0	351
Oförutsett, 25 %	78	271	221	0	569
Entreprenadkostnad	596	1 353	1 103	0	3 052
Proj.-, byggledning, kontroll 20 %	119	271	221	0	610
Kostnad grovrening/slamutlastning	300	0	0	0	300
Anläggningskostnad	1 015	1 623	1 324	0	3 962

Kostnadspost	2A	2B	2C	2D	Totalt
Berg	0	56	0	2 080	2 136
Bygg & mark	0	238	310	600	1 200
VVS	0	40	20	150	210
Maskin	0	396	247	243	886
Entreprenörspåslag, 40 % av maskin	0	158	99	97	354
El- och automation, 30 % av maskin	0	194	121	136	451
Oförutsett, 25 %	0	271	200	833	1 304
Entreprenadkostnad	0	1 353	1 002	4 165	6 520
Proj.-, byggledning, kontroll 20 %	0	271	200	833	1 304
Anläggningskostnad	0*	1 623	1 202	4 998	7 824

*Inga anläggningskostnader för utrustning som behöver underhållas

Kostnadspost	3A	3B	3C	3D	Totalt
Berg	0	56	2 517	0	2 573
Bygg & mark	0	238	728	0	966
VVS	0	40	60	0	100
Maskin	0	396	601	0	997
Entreprenörspåslag, 40 % av maskin	0	158	240	0	399
El- och automation, 30 % av maskin	0	194	294	0	488
Oförutsett, 25 %	0	271	1 110	0	1 381
Entreprenadkostnad	0	1 353	5 551	0	6 903
Proj.-, byggledning, kontroll 20 %	0	271	1 110	0	1 381
Anläggningskostnad	0*	1 623	6 661	0	8 284

*Inga anläggningskostnader för utrustning som behöver underhållas

Kostnadspost	4A	4B	4C	4D	Totalt
Berg	0	271	0	0	271
Bygg & mark	0	272	315	0	586
VVS	0	60	20	0	80
Maskin	0	958	247	0	1 205
Entreprenadpåslag, 40 % av maskin	0	383	99	0	482
El- och automation, 30 % av maskin	0	469	121	0	590
Oförutsett, 25 %	0	603	200	0	803
Entreprenadkostnad	0	3 016	1 002	0	4 017
Proj.-, byggledning, kontroll 20 %	0	603	200	0	803
Anläggningskostnad	0*	3 619	1 202	0	4 821

*Inga anläggningskostnader för utrustning som behöver underhållas

Underhållskostnader nya delar, i kkr

Kostnadspost	1A	1B	1C	1D	Totalt
Berg	312	70	0	0	382
Bygg	674	1 487	2 019	0	4 179
VVS	606	1 250	625	0	2 481
Maskin	2 628	12 372	8 921	0	23 921
El och automation	526	6 063	4 371	0	10 960
Grovrening/slamutlastning	3 750	0	0	0	3 750
Totalt	8 495	21 242	15 936	0	45 673

Kostnadspost	2A	2B	2C	2D	Totalt
Berg	0	70	0	2 600	2 670
Bygg	0	1 487	1 966	3 909	7 363
VVS	0	1 250	625	4 688	6 563
Maskin	0	12 372	7 720	7 596	27 688
El och automation	0	6 063	3 783	4 254	14 099
Totalt	0	21 242	14 094	23 047	58 383

Kostnadspost	3A	3B	3C	3D	Totalt
Berg	0	70	3 147	0	3 217
Bygg	0	1 487	4 547	0	6 035
VVS	0	1 250	1 875	0	3 125
Maskin	0	12 372	18 777	0	31 149
El och automation	0	6 063	9 201	0	15 263
Totalt	0	21 242	37 547	0	58 789

Kostnadspost	4A	4B	4C	4D	Totalt
Berg	0	339	0	0	339
Bygg	0	1 698	1 966	0	3 664
VVS	0	1 875	625	0	2 500
Maskin	0	29 925	7 720	0	37 644
El och automation	0	14 663	3 783	0	18 446
Totalt	0	48 499	14 094	0	62 593

Enhetspriser till driftkostnadsberäkningar

Priser kemikalier	Enhet	Värde
Järnsulfat (heptahydrat)	kr/ton	523
Metanol	kr/ton	3267
Polymer, torr, 100 %	kr/ton	35000
Polyaluminiumklorid	kr/ton	2400
Natriumhypoklorit	kr/ton	4000
Oxalsyra, 100 %	kr/ton	15000
Saltsyra (35 %)	kr/ton	5000
Sand Actiflo	kr/ton	1000
Priser transporter	Enhet	Värde
Slam	kr/ton	400
Sand	kr/ton	650
Rens	kr/ton	860
Priser biogas	Enhet	Värde
Intäkt biogas	kr/kWh	0,5
Energiinnehåll biogas	kWh/Nm ³	6
Sand- och rensmängder	Enhet	Värde
Rens	ton/p,år	0,0015
Sand	ton/p,år	0,0015

Kostnaden för membranbyte är erhållen av leverantören

Kostnad membranbyte (kkkr/år)	
1C	9 107
2C = 4C	7 286
3C	18 442
4B	26 681

Mängder kemikalier, slamproduktion och rens och sandproduktion

Biogasproduktion Nm3/år	1A	4 415 405	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	11 046 725	2B	11 046 725	3B	11 046 725	4B	15 919 110
	1C	4 158 445	2C	2 988 255	3C	8 216 698	4C	2 988 255
	1D	--	2D	5 719 550	3D	--	4D	--
	Tot	19 620 575	Tot	19 754 530	Tot	19 263 423	Tot	18 907 365

Kemikalieförbrukning

Järn(II)sulfat (19 %) ton/år	1A	2 758	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	5 779	2B	5 779	3B	5 779	4B	9 127
	1C	3 279	2C	2 576	3C	5 969	4C	2 576
	1D	--	2D	3 480	3D	--	4D	--
	Tot	11 817	Tot	11 836	Tot	11 748	Tot	11 704
Metanol ton/år	1A	946	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	2 495	2B	2 495	3B	2 495	4B	3 832
	1C	876	2C	582	3C	1 697	4C	582
	1D	--	2D	1 370	3D	--	4D	--
	Tot	4 317	Tot	4 448	Tot	4 192	Tot	4 415
Polymer (100 %) ton/år	1A	109	2A	--	3A	--	4A	0
	1B	320	2B	320	3B	320	4B	475
	1C	109	2C	79	3C	215	4C	79
	1D	--	2D	139	3D	--	4D	--
	Tot	539	Tot	538	Tot	535	Tot	554
Polyalu- miniumklorid (9 %) ton/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	184	2B	184	3B	184	4B	0
	1C	16	2C	26	3C	18	4C	26
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	200	Tot	210	Tot	201	Tot	26
Natrium-hypoklorit (12 %) ton/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	0	2B	0	3B	0	4B	161
	1C	60	2C	48	3C	111	4C	48
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	60	Tot	48	Tot	111	Tot	210
Oxalsyra ton/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	0	2B	0	3B	0	4B	192
	1C	67	2C	53	3C	131	4C	53
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	67	Tot	53	Tot	131	Tot	245
Mängd saltsyra ton/år	1A	0,0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	0,0	2B	0,0	3B	0,0	4B	0,0
	1C	1,7	2C	2,2	3C	1,7	4C	2,2
	1D	--	2D	0,0	3D	--	4D	--
	Tot	1,7	Tot	2,2	Tot	1,7	Tot	2,2
Sand Actiflo ton/år	1A	0,0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	8,3	2B	8,3	3B	8,3	4B	0,0
	1C	0,0	2C	0,0	3C	0,0	4C	0,0
	1D	--	2D	0,0	3D	--	4D	--
	Tot	8,3	Tot	8,3	Tot	8,3	Tot	0,0

Mängd producerad slam från centrifug ton/år	1A	27 521	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	68 839	2B	68 839	3B	68 839	4B	106 398
	1C	27 769	2C	19 947	3C	54 933	4C	19 947
	1D	--	2D	35 259	3D	--	4D	--
	Tot	124 129	Tot	124 045	Tot	123 772	Tot	126 345

Mängd rens ton/år	1A	630	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	1 545	2B	1 545	3B	1 545	4B	2 355
	1C	645	2C	465	3C	1 275	4C	465
	1D	--	2D	810	3D	--	4D	--
	Tot	2 820	Tot	2 820	Tot	2 820	Tot	2 820

Mängd sand ton/år	1A	630	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	1 545	2B	1 545	3B	1 545	4B	2 355
	1C	645	2C	465	3C	1 275	4C	465
	1D	--	2D	810	3D	--	4D	--
	Tot	2 820	Tot	2 820	Tot	2 820	Tot	2 820

Driftkostnader, exklusive el- och värme

Biogasproduktion kr/år - kostnaden blir negativ eftersom det är en intäkt	1A	-13 246 215	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	-33 140 175	2B	-33 140 175	3B	-33 140 175	4B	-47 757 330
	1C	-12 475 335	2C	-8 964 765	3C	-24 650 093	4C	-8 964 765
	1D	--	2D	-17 158 650	3D	--	4D	--
	Tot	-58 861 725	Tot	-59 263 590	Tot	-57 790 268	Tot	-56 722 095

Kemikalieförbrukning

Järn(II)sulfat (19 %) kr/år	1A	1 442 578	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	3 022 368	2B	3 022 368	3B	3 022 368	4B	4 773 641
	1C	1 715 169	2C	1 347 461	3C	3 121 797	4C	1 347 461
	1D	--	2D	1 820 183	3D	--	4D	--
	Tot	6 180 116	Tot	6 190 013	Tot	6 144 166	Tot	6 121 102
Metanol kr/år	1A	3 089 055	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	8 151 622	2B	8 151 622	3B	8 151 622	4B	12 520 539
	1C	2 861 892	2C	1 901 966	3C	5 544 916	4C	1 901 966
	1D	--	2D	4 477 072	3D	--	4D	--
	Tot	14 102 569	Tot	14 530 660	Tot	13 696 538	Tot	14 422 505
Polymer (100 %) kr/år	1A	3 827 531	2A	--	3A	--	4A	0
	1B	11 213 397	2B	11 213 397	3B	11 213 397	4B	16 642 031
	1C	3 819 794	2C	2 758 020	3C	7 514 498	4C	2 758 020
	1D	--	2D	4 850 961	3D	--	4D	--
	Tot	18 860 721	Tot	18 822 378	Tot	18 727 895	Tot	19 400 051
Polyalu- miniumklorid (9 %) kr/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	441 504	2B	441 504	3B	441 504	4B	0
	1C	37 843	2C	63 072	3C	42 048	4C	63 072
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	479 347	Tot	504 576	Tot	483 552	Tot	63 072
Natrium-hypoklorit (12 %) kr/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	0	2B	0	3B	0	4B	645 120
	1C	240 787	2C	193 254	3C	443 539	4C	193 254
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	240 787	Tot	193 254	Tot	443 539	Tot	838 374
Oxalsyra kr/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	0	2B	0	3B	0	4B	2 872 800
	1C	998 400	2C	798 720	3C	1 969 920	4C	798 720
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	998 400	Tot	798 720	Tot	1 969 920	Tot	3 671 520
Saltsyra kr/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	0	2B	0	3B	0	4B	0
	1C	8 352	2C	11 136	3C	8 352	4C	11 136
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	8 352	Tot	11 136	Tot	8 352	Tot	11 136

Sand kr/år	1A	0	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	8 278	2B	8 278	3B	8 278	4B	0
	1C	0	2C	0	3C	0	4C	0
	1D	--	2D	0	3D	--	4D	--
	Tot	8 278	Tot	8 278	Tot	8 278	Tot	0
Total kemikalie- kostnad	1	40 878 570	2	41 059 016	3	41 482 240	4	44 527 761

Slamkostnad kr/år	1A	11 008 400	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	27 535 600	2B	27 535 600	3B	27 535 600	4B	42 559 000
	1C	11 107 680	2C	7 978 900	3C	21 973 000	4C	7 978 900
	1D	--	2D	14 103 600	3D	--	4D	--
	Tot	49 651 680	Tot	49 618 100	Tot	49 508 600	Tot	50 537 900

Renskostnad kr/år	1A	541 800	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	1 328 700	2B	1 328 700	3B	1 328 700	4B	2 025 300
	1C	554 700	2C	399 900	3C	1 096 500	4C	399 900
	1D	--	2D	696 600	3D	--	4D	--
	Tot	2 425 200	Tot	2 425 200	Tot	2 425 200	Tot	2 425 200

Sandkostnad kr/år	1A	409 500	2A	--	3A	--	4A	--
	1B	1 004 250	2B	1 004 250	3B	1 004 250	4B	1 530 750
	1C	419 250	2C	302 250	3C	828 750	4C	302 250
	1D	--	2D	526 500	3D	--	4D	--
	Tot	1 833 000	Tot	1 833 000	Tot	1 833 000	Tot	1 833 000

Slutlig sammanställning drift- och underhållskostnader

Parameter	1A	1B	1C	1D	Totalt
<u>Drift</u>	0	0	0	0	0
Energi	0	0	0	0	0
Elenergiförbrukning	21 536	36 929	38 384	--	96 850
Värmeförbrukning	7 598	17 136	4 315	--	29 049
Biogasproduktion	-13 246	-33 140	-12 475	--	-58 862
Kemikalieförbrukning	0	0	0	0	0
Järnsulfat	1 443	3 022	1 715	--	6 180
Metanol	3 089	8 152	2 862	--	14 103
Polymer	3 828	11 213	3 820	--	18 861
Polyaluminiumklorid	0	442	38	--	479
Natriumhypoklorit	0	0	241	--	241
Oxalsyra	0	0	998	--	998
Saltsyra	0	0	8	--	8
Sand	0	8	0	--	8
Byte av membran	0	0	9 107	0	9 107
Transporter och avyttring	0	0	0	0	0
Slam	11 008	27 536	11 108	--	49 652
Rens	542	1 329	555	--	2 425
Sand	410	1 004	419	--	1 833
Personal	17 401	17 634	21 800	--	56 834
<u>Totalt drift</u>	53 607	91 264	82 895	--	227 766
	0	0	0	0	0
<u>Underhåll, nya delar</u>	0	0	0	0	0
Berg	312	70	0	--	382
Bygg	674	1 487	2 019	--	4 179
VVS	606	1 250	625	--	2 481
Maskin	2 628	12 372	8 921	--	23 921
El och automation	526	6 063	4 371	--	10 960
Totalt	8 495	21 242	15 936	--	45 673
<u>Underhåll, befintligt</u>	15 230	27 118	12 517	0	54 865
Totalt, underhåll	23 725	48 360	28 453	--	100 538
	0	0	0	0	0
<u>Drift och underhåll, totalt</u>	77 332	139 624	111 348	--	328 304

Parameter	2A	2B	2C	2D	Totalt
<u>Drift</u>	0	0	0	0	0
Energi	--	0	0	0	0
Elenergiförbrukning	--	36 929	31 019	17 600	85 548
Värmeförbrukning	--	17 136	3 206	9 182	29 524
Biogasproduktion	--	-33 140	-8 965	-17 159	-59 264
Kemikalieförbrukning	0	0	0	0	0
Järnsulfat	--	3 022	1 347	1 820	6 190
Metanol	--	8 152	1 902	4 477	14 531
Polymer	--	11 213	2 758	4 851	18 822
Polyaluminiumklorid	--	442	63	0	505
Natriumhypoklorit	--	0	193	0	193
Oxalsyra	--	0	799	0	799
Saltsyra	--	0	11	0	11
Sand	--	8	0	0	8
Byte av membran	0	0	7 286	0	7 286
Transporter och avyttring	0	0	0	0	0
Slam	--	27 536	7 979	14 104	49 618
Rens	--	1 329	400	697	2 425
Sand	--	1 004	302	527	1 833
Personal	--	17 634	21 800	17 401	56 834
<u>Totalt drift</u>	--	91 264	70 100	53 498	214 863
	0	0	0	0	0
<u>Underhåll, nya delar</u>	0	0	0	0	0
Berg	--	70	0	2 600	2 670
Bygg	--	1 487	1 966	3 909	7 363
VVS	--	1 250	625	4 688	6 563
Maskin	--	12 372	7 720	7 596	27 688
El och automation	--	6 063	3 783	4 254	14 099
Totalt	--	21 242	14 094	23 047	58 383
<u>Underhåll, befintligt</u>	0	27 118	12 517	0	39 635
Totalt, underhåll	--	48 360	26 611	23 047	98 018
	0	0	0	0	0
<u>Drift och underhåll, totalt</u>	--	139 624	96 711	76 545	312 881

Parameter	3A	3B	3C	3D	Totalt
<u>Drift</u>	0	0	0	0	0
Energi	--	0	0	0	0
Elenergiförbrukning	--	36 929	64 304	--	101 233
Värmeförbrukning	--	17 136	8 134	--	25 270
Biogasproduktion	--	-33 140	-24 650	--	-57 790
Kemikalieförbrukning	0	0	0	0	0
Järnsulfat	--	3 022	3 122	--	6 144
Metanol	--	8 152	5 545	--	13 697
Polymer	--	11 213	7 514	--	18 728
Polyaluminiumklorid	--	442	42	--	484
Natriumhypoklorit	--	0	444	--	444
Oxalsyra	--	0	1 970	--	1 970
Saltsyra	--	0	8	--	8
Sand	--	8	0	--	8
Byte av membran	0	0	18 442	0	18 442
Transporter och avyttring	0	0	0	0	0
Slam	--	27 536	21 973	--	49 509
Rens	--	1 329	1 097	--	2 425
Sand	--	1 004	829	--	1 833
Personal	--	23 171	23 400	--	46 571
<u>Totalt drift</u>	--	96 802	132 173	--	228 974
	0	0	0	0	0
<u>Underhåll, nya delar</u>	0	0	0	0	0
Berg	--	70	3 147	--	3 217
Bygg	--	1 487	4 547	--	6 035
VVS	--	1 250	1 875	--	3 125
Maskin	--	12 372	18 777	--	31 149
El och automation	--	6 063	9 201	--	15 263
Totalt	--	21 242	37 547	--	58 789
<u>Underhåll, befintligt</u>	0	27 118	12 517	0	39 635
Totalt, underhåll	--	48 360	50 064	--	98 424
	0	0	0	0	0
<u>Drift och underhåll, totalt</u>	--	145 161	182 237	--	327 398

Parameter	4A	4B	4C	4D	Totalt
<u>Drift</u>	0	0	0	0	0
Energi	0	0	0	0	0
Elenergiförbrukning	--	63 267	31 019	--	94 286
Värmeförbrukning	--	23 665	3 206	--	26 871
Biogasproduktion	--	-47 757	-8 965	--	-56 722
Kemikalieförbrukning	0	0	0	0	0
Järnsulfat	--	4 774	1 347	--	6 121
Metanol	--	12 521	1 902	--	14 423
Polymer	--	16 642	2 758	--	19 400
Polyaluminiumklorid	--	0	63	--	63
Natriumhypoklorit	--	645	193	--	838
Oxalsyra	--	2 873	799	--	3 672
Saltsyra	--	0	11	--	11
Sand	--	0	0	--	0
Byte av membran	0	26 681	7 286	0	33 966
Transporter och avyttring	0	0	0	0	0
Slam	--	42 559	7 979	--	50 538
Rens	--	2 025	400	--	2 425
Sand	--	1 531	302	--	1 833
Personal	--	25 171	21 800	--	46 971
<u>Totalt drift</u>	--	174 595	70 100	--	244 695
	0	0	0	0	0
<u>Underhåll, nya delar</u>	0	0	0	0	0
Berg	--	339	0	--	339
Bygg	--	1 698	1 966	--	3 664
VVS	--	1 875	625	--	2 500
Maskin	--	29 925	7 720	--	37 644
El och automation	--	14 663	3 783	--	18 446
Totalt	--	48 499	14 094	--	62 593
<u>Underhåll, befintligt</u>	0	27 118	12 517	0	39 635
Totalt, underhåll	--	75 617	26 611	--	102 228
	0	0	0	0	0
<u>Drift och underhåll, totalt</u>	--	250 212	96 711	--	346 923

**RAMAVTAL
MELLAN
STOCKHOLM VATTEN AB, OCH
STOCKHOLM VATTEN VA AB
SAMT
SCANDINAVIAN BIOGAS FUELS INTERNATIONAL AB,
BIOGAS STOCKHOLM FINANS AB, OCH
FORDONSGAS STOCKHOLM AB**

DEN [] 2013

INNEHÅLL

1.	BAKGRUND	3
2.	LOUDDENS ANLÄGGNING	4
3.	BROMMA	5
4.	HENRIKSDAL	5
5.	FRAMTIDA RÅGASLEVERANSER	6
6.	ANSVARSPFRÅGOR.....	7
7.	SAMARBETE OCH UTVECKLING	7
8.	UPPHÖRANDE AV SERVICEAVTAL OCH SEPARATIONSAVTAL.....	7
9.	TILLSTÅNDSFRÅGOR	8
10.	FULLSTÄNDIG REGLERING OCH ÄNDRINGAR.....	8
11.	BESTÄMMELSES OGILTIGHET	8
12.	ÖVERLÅTELSE	8
13.	VILLKOR FÖR IKRAFTTRÄDANDE.....	8
14.	TILLÄMPLIG LAG OCH TVISTER	9

RAMAVTAL

Träffat denna dag mellan;

- (A) Stockholm Vatten AB, org. nr. 556201-6855 ("**SVAB**"), och
- (B) Stockholm Vatten VA AB, org. nr. 556175-1867 ("**VAAB**"), å den ena sidan
- och
- (C) Scandinavian Biogas Fuels International AB, 556528-4733 ("**SBF**"),
- (D) Biogas Stockholm Finans AB, 556807-2986 ("**BSFAB**"), och
- (E) Fordonsgas Stockholm AB, org. nr. 556489-7899 ("**FSAB**"), å den andra sidan.

((A) – (E) individuellt även kallade "**Part**" och gemensamt "**Parterna**")

1. BAKGRUND

- 1.1 Stockholm Stad avser att genomföra ett antal infrastrukturprojekt som kommer att förändra förutsättningarna för Parternas avtalade samarbeten inom biogasproduktion. Hit hör bl.a. nedläggning av Bromma reningsverk, överledning av avloppsvatten från Eolshäll och insamling av matavfall. Förändringarna har gjort det önskvärt att VAAB förvärvar kontroll över berörd infrastruktur vid Bromma- och Henriksdalsverken.
- 1.2 Mot denna bakgrund har Parterna ingått bilagda Avsiktsförklaring, Bilaga 1.2 ("**Avsiktsförklaringen**") och enats om hur samtliga aktuella förändringar skall hanteras i en samlad uppgörelse "i-ett-för-allt".
- 1.3 Genom detta Ramavtal åtar sig Parterna att samtidigt härmed ingå och underteckna samtliga härtill bilagda underavtal (vardera ett "**Underavtal**" och gemensamt "**Underavtalen**") som erfordras för genomförande av Avsiktsförklaringen samt som reglerar de villkor som är gemensamma för Ramavtalet och Underavtalen. Detta Ramavtal skall gälla så länge som något Underavtal är ikraft.
- 1.4 I detta Ramavtal angivna definierade termer skall gälla också för respektive Underavtal, och vice versa.

2. LOUDDENS ANLÄGGNING

- 2.1 På i punkt 13 nedan angivna tillträdesdag ("**Tillträdesdagen**") skall VAAB och FSAB ingå bilagda Underavtal "Överlåtelseavtal avseende Louddens Anläggning", Bilaga 2.1, och på däri angivna villkor och i övrigt på villkor som anges i detta Ramavtal, skall FSAB överlåta Louddens Anläggning till VAAB.
- 2.2 Louddens Anläggning är en prototypanläggning för rågasproduktion och uppgradering av densamma till biogas men även för att genom nedkylning omvandla biogasen till flytande form. Sistnämnda del av Louddens Anläggning har dock aldrig varit i bruk då den s.k. kryoanläggningen inte har fungerat, vilket föranlett tvist mellan FSAB och leverantören; Gastreatment Services B.V., vid Stockholms tingsrätt i mål nr T 3411-13 ("**Tvisten**").
- 2.3 Parterna överenskommer härmed att utfallet av Tvisten skall fördelas enligt följande;
- (i) alla rättegångskostnader skall bäras eller tillfalla FSAB,
 - (ii) skadestånd för sen leverans och/eller förseningsviten skall tillfalla FSAB,
 - (iii) ersättning för fel eller annat avtalsbrott rörande kryoanläggningen skall, vare sig det sker i form av skadestånd, återbetalning av köpeskilling eller på annat sätt, tillfalla VAAB.
- 2.4 Parterna är överens om att oavsett vad som stadgas i punkten 2.3 har FSAB rätt att driva Tvisten på sätt som FSAB finner lämpligt eller önskvärt, inklusive träffande av eventuella förlikningar eller andra överenskommelser rörande Tvisten. SVAB eller VAAB har ej rätt att inträda i Tvisten.
- 2.5 För det fall utfallet av Tvisten inte blir en lagakraftvunnen utan en förlikning träffas, skall förlikningsbeloppet fördelas enligt följande:
- (i) ett belopp motsvarande FSAB's rättegångskostnader skall först tillfalla FSAB,
 - (ii) resterande belopp skall fördelas med 30 procent till FSAB samt med 70 procent till VAAB.
- 2.6 VAAB och FSAB överenskommer härmed att nu gällande bilagda "Hyresavtal Loudden" som avser fastigheten Rävgrödet 1, Stockholms kommun, Bilaga 2.6, skall upphöra från och med Tillträdesdagen. Punkten [26] "Återställande" i "Hyresavtal Loudden" skall dock fortsatt vara gällande.

3. BROMMA

- 3.1 På Tillträdesdagen skall VAAB och FSAB ingå bilagda Underavtal "Avtal om Fastighetsreglering Bromma", Bilaga 3.1, och på däri och i detta Ramavtal angivna villkor, skall FSAB genom fastighetsreglering överlåta fastigheten Rötammaren 2 till VAAB.
- 3.2 Om fastighetsreglering i enlighet med "Avtal om Fastighetsreglering Bromma" inte skett inom sex (6) månader från Tillträdesdagen skall i stället bilagda Underavtal "Avtal om Fastighetsöverlåtelse Bromma", Bilaga 3.2 gälla.
- 3.3 På Tillträdesdagen skall SVAB och FSAB ingå bilagda Underavtal "Hyresavtal Henriksdal och Bromma", Bilaga 3.3, och på däri och i detta Ramavtal angivna villkor, skall VAAB hyra ut de tillgångar som överläts enligt punkt 3.1 ovan, till FSAB.

4. HENRIKSDAL

- 4.1 På Tillträdesdagen skall VAAB och FSAB ingå bilagda Underavtal "Avtal om Fastighetsreglering Henriksdal", Bilaga 4.1, och på däri och i detta Ramavtal angivna villkor, skall FSAB genom fastighetsreglering överlåta fastigheten Reningsverket 2 till VAAB.
- 4.2 Om fastighetsreglering i enlighet med "Avtal om Fastighetsreglering Henriksdal" inte skett inom sex (6) månader från Tillträdesdagen skall i stället bilagda Underavtal "Avtal om Fastighetsöverlåtelse Henriksdal", Bilaga 4.2 gälla.
- 4.3 På Tillträdesdagen skall Parterna uppdatera bilaga 1.1 (c) till Bilaga 4.1 "Avtal om Fastighetsreglering Henriksdal" samt bilaga 1.1 (c) till Bilaga 4.2 "Avtal om Fastighetsöverlåtelse Henriksdal", med samtliga avtal samt samtliga balansposter gällande Pågående Arbeten (definierade i Bilaga 4.1) samt samtliga faktiska utgifter för Pågående Arbeten som till och med Tillträdesdagen erlagts av FSAB.

Punkten 2.2 i Bilaga 4.1 "Avtal om Fastighetsreglering Henriksdal" och Bilaga 4.2 "Avtal om Fastighetsöverlåtelse Henriksdal" skall uppdateras med summan av faktiska utgifter enligt ovan. Till undvikande av missförstånd skall VAAB från och med dagen efter Tillträdesdagen ansvara för att reglera samtliga obetalda fakturor avseende Pågående Arbeten.

- 4.4 På Tillträdesdagen skall SVAB och FSAB ingå bilagda Underavtal "Hyresavtal Henriksdal och Bromma", Bilaga 3.3, och på däri och i detta Ramavtal angivna villkor, skall VAAB hyra ut de tillgångar som överläts enligt punkt 4.1 ovan, till FSAB.
- 4.5 FSAB har rätt att påkalla att Linje 3:2 uppförs eller finansieras av SVAB/VAAB på Reningsverket 2, eller efter fastighetsreglering, Reningsverket 1, och hyrs ut till FSAB.

Hyran för Linje 3:2 skall baseras på faktisk byggkostnad, och skall i övrigt utgå i enlighet med samma principer som gäller för Linje 3:1 under Underavtal "Hyresavtal Henriksdal och Bromma", Bilaga 3.3.

5. FRAMTIDA RÅGASLEVERANSER

- 5.1 VAAB överlåter härmed samtliga rättigheter och skyldigheter enligt bilagda Underavtal "Ramavtal angående produktion av rågas vid anläggningarna i Bromma och Henriksdal", Bilaga 5.1 (a), "Avtal om leverans av rågas från Bromma", Bilaga 5.1 (b) ("**Rågasavtal Bromma**") samt "Avtal om leverans av rågas från Henriksdal", Bilaga 5.1 (c) ("**Rågasavtal Henriksdal**"), till SVAB. Genom undertecknandet av detta Ramavtal godkänner SBF, BSFAB och FSAB partsbytet.
- 5.2 Rågasavtal Bromma skall upphöra samtidigt som "Hyresavtal Henriksdal och Bromma" (bilaga 3.2) upphör såvitt gäller Rötkammaren 2 (Bromma).
- 5.3 Då Rågasavtal Bromma upphör enligt punkt 5.2, skall SVAB leverera motsvarande volymer rågas från Henriksdal. I anledning därav skall SVAB och FSAB på Tillträdesdagen ingå bilagda Underavtal "Tillägg 1 till Rågasavtal Henriksdal", Bilaga 5.3.
- 5.4 På Tillträdesdagen skall VAAB och FSAB ingå i punkt 7 angivna "Samarbetsavtal", vilket bl.a. reglerar tillsättandet av en projektgrupp med ansvar för att planera nedläggning av gasproduktionen vid Bromma respektive motsvarande utvidgning av produktionen vid Henriksdal.
- 5.5 SVAB/VAAB skall svara för de direkta kostnader som FSAB kan komma att vidkännas för att avveckla sin verksamhet vid Bromma och flytta motsvarande produktion till Henriksdal.
- 5.6 På Tillträdesdagen skall SVAB och FSAB ingå bilagda Underavtal "Tillägg 2 till Rågasavtal Henriksdal", Bilaga 5.6, och på däri och i detta Ramavtal angivna villkor leverera den ytterligare rågas som, utöver vad som levereras under Rågasavtal Henriksdal, med undantag för de rågasmängder SVAB/VAAB självt behöver för egen hygienisering i samband med rötning, kan produceras vid Henriksdal genom rötning av:
 - (i) [allt det matavfall som SVAB/VAAB från tid till annan har i uppdrag att insamla, försåvitt inte Parterna överenskommer annat];
 - (ii) avloppsvatten från Eolshäll; samt
 - (iii) de ökningar i volymer av sådant avloppsvatten som leds till Henriksdal till följd av befolkningstillväxt,

i de volymer och i övrigt på de villkor som framgår av ”Tillägg 2 till Rågasavtal Henriksdal”.

- 5.7 För att utjämna kapaciteten att producera rågas avser Parterna även att röta annat externt organiskt material än matavfall (”EOM”) i de volymer och i övrigt på de villkor som framgår av bilagda Underavtal ”Tillägg 3 till Rågasavtal Henriksdal”, Bilaga 5.7, vilket SVAB och FSAB skall ingå på Tillträdesdagen.

6. ANSVARSFRÅGOR

- 6.1 Parterna förklarar härmed att samtliga kompensationskrav för förtida uppsägningar av gällande avtal (”Utvecklingsplan Fordonsgasbolaget”, ”Separationsavtal” och ”Serviceavtal”) och påstådda brister i garantier avseende aktieöverlåtelsen i FSAB och därtill hörande ”Tillägg nr 1 till Aktieöverlåtelseavtal”, skall anses slutligt reglerade genom detta Ramavtal. Denna friskrivning omfattar ej löpande reglering av rågasleveranser eller tjänster i samband därmed.
- 6.2 [SBF och BSFAB åtar sig att solidariskt ansvara för fullgörandet av FSABs samtliga åtaganden under detta Ramavtal jämte Underavtal, samt föreliggande Ramavtal Rågas, Rågasavtal Bromma och Rågasavtal Henriksdal.]
- 6.3 [SVAB åtar sig att solidariskt ansvara för fullgörandet av VAABs samtliga åtaganden under detta Ramavtal jämte Underavtal.]

7. SAMARBETE OCH UTVECKLING

- 7.1 Parterna är överens om att idag föreliggande ”Utvecklingsplan Fordonsgasbolaget”, Bilaga 7.1, skall upphöra samtidigt med att detta Ramavtal träder ikraft.
- 7.2 Fortsatt utveckling av anläggningarna för biogasproduktion och samverkan mellan Parterna i frågor som rör drift och underhåll därav, samt som rör nedläggning av gasproduktionen i Bromma, skall från tidpunkten då detta Ramavtal träder ikraft, ske på villkor som anges häri och i bilagda Underavtal ”Samarbetsavtal”, Bilaga 7.2.

8. UPPHÖRANDE AV SERVICEAVTAL OCH SEPARATIONSAVTAL

- 8.1 Parterna är överens om att idag föreliggande ”Serviceavtal” avseende Henriksdal och Bromma, Bilaga 8.1, skall upphöra samtidigt med att detta Ramavtal träder ikraft.
- 8.2 Parterna är överens om att idag föreliggande ”Separationsavtal” avseende Henriksdal och Bromma, Bilaga 8.2, skall upphöra samtidigt med att detta Ramavtal träder ikraft.

9. TILLSTÅNDSFRÅGOR

Parterna skall samordna erforderliga anmälningar och ansökningar för de tillstånd som krävs för verksamheterna vid Loudden, Henriksdal respektive Bromma samt för den verksamhet som FSAB skall bedriva på sistnämnda två fastigheter.

10. FULLSTÄNDIG REGLERING OCH ÄNDRINGAR

- 10.1 Detta Ramavtal och Underavtalen utgör Parternas fullständiga reglering av samtliga de frågor som Avsiktsförklaringen berör och ersätter om inte annat framgår, samtliga skriftliga eller muntliga överenskommelser, åtaganden och utfästelser som föregått detsamma.
- 10.2 Ändringar av och tillägg till detta Ramavtal och Underavtalen skall, för att vara bindande, vara skriftligen avfattade och undertecknade av berörda Parter.

11. BESTÄMMELSES OGILTIGHET

Skulle någon bestämmelse i detta Ramavtal eller Underavtalen, eller del därav vara ogiltig, skall detta inte innebära att Ramavtalet eller aktuellt Underavtal i dess helhet är ogiltigt. I stället skall, i den mån ogiltigheten väsentligen påverkar Parts utbyte av eller prestation enligt Ramavtalet eller aktuellt Underavtal, skälig jämkning av Ramavtalet eller aktuellt Underavtal, ske.

12. ÖVERLÅTELSE

Ingen av Parterna skall ha rätt att överlåta detta Ramavtal eller något av Underavtalen utan berörd(a) motpart(er)s skriftliga medgivande därtill.

13. VILLKOR FÖR IKRAFTTRÄDANDE

- 13.1 Detta Ramavtal och Underavtalen skall träda i kraft snarast dock senast inom tio bankdagar efter att följande förutsättningar är uppfyllda:
- 13.1.1 För SVAB och VAAB skall gälla att Ramavtalet och Underavtalen godkänns av SVABs styrelse och Kommunfullmäktige i Stockholm respektive Huddinge, samt att Kommunfullmäktigebesluten vunnit laga kraft alternativt, för det fall beslut(en) överklagas, att hinder för verkställighet icke meddelas av förvaltningsrätten.
- 13.1.2 För övriga Parter skall gälla att erforderliga styrelsebeslut fattats och företes i skriftlig form.

- 13.2 Om inte samtliga villkor enligt punkterna 13.1.1 – 13.1.2 ovan är uppfyllda senast 2014-12-31, eller sådant senare datum som Parterna överenskommer om, skall förutsättningarna i sin helhet anses ha brustit för den samlade affärsuppgörelsen som framgår av detta Ramavtal och Underavtalen. Ikraftträdandevillkoren skall således i sådant fall ej anses uppfyllda för någon Part.
- 13.3 Parterna förbinder sig att verka för att i punkt 13.1 angivna förutsättningar uppfylls utan dröjsmål.

14. TILLÄMPLIG LAG OCH TVISTER

- 14.1 Svensk lag skall tillämpas på detta Ramavtal.
- 14.2 Tvist i anledning av detta Ramavtal skall slutligt avgöras genom skiljedomsförfarande administrerat vid Stockholms Handelskammares skiljedomsinstitut (Institutet). Institutets Regler för Förenklat skiljeförfarande skall gälla om inte Institutet med beaktande av målets svårighetsgrad, tvisteföremålets värde och övriga omständigheter bestämmer att Skiljedomsreglerna för Stockholms Handelskammares skiljedomsinstitut skall tillämpas på förfarandet. I sistnämnda fall skall skiljenämnden skall bestå av en eller tre skiljemän.
- 14.3 Skiljeförfarande som påkallats med hänvisning till denna skiljeklausul omfattas av sekretess. Sekretessen omfattar all information som framkommer under förfarandet liksom beslut eller skiljedom som meddelas i anledning av förfarandet. Information som omfattas av sekretess får inte i någon form vidarebefordras till tredje person utan den andra Partens skriftliga samtycke. Part skall emellertid inte vara förhindrad att vidarebefordra sådan information för att på bästa sätt tillvarata sin rätt mot den andra Parten med anledning av tvisten eller om en sådan skyldighet följer av tvingande lag eller börsregler.
-

UNDERSKRIFTSSIDA FÖLJER:

STOCKHOLM DEN [] 2013

STOCKHOLM VATTEN AB

[]

[]

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

[]

[]

STOCKHOLM VATTEN VA AB

[]

[]

BIOGAS STOCKHOLM FINANS AB

[]

[]

SCANDINAVIAN BIOGAS FUELS
INTERNATIONAL AB

[]

[]

ÖVERLÅTELSEAVTAL AVSEENDE LOUDDENS ANLÄGGNING

MELLAN

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

OCH

STOCKHOLM VATTEN VA AB

DEN [] 2013

INNEHÅLL

1.	ÖVERLÅTELSE, TILLTRÄDE OCH AVREGISTRERING	1
2.	KÖPESKILLING.....	1
3.	ÖVERLÅTELSENS OMFÅNG	1
4.	INGET ÖVERTAGANDE AV PERSONAL	2
5.	REGLERING AV KOSTNADER OCH INTÄKTER	2
6.	RISKENS ÖVERGÅNG OCH FÖRSÄKRINGAR M.M.....	2
7.	GARANTI, KRAV OCH FRISKRIVNING.....	2
7.1	FSAB garanterar:.....	2
7.2	Miljö	3
7.3	Personal	3
8.	GARANTIANSPRÅK.....	3
9.	ÖVERLÄMNANDE AV HANDLINGAR M.M.	4
10.	ÖVRIGA BESTÄMMELSER.....	4

ÖVERLÅTELSEAVTAL

träffat denna dag mellan:

- (1) Stockholm Vatten VA AB, org. nr 556175-1867 ("**VAAB**"); och
- (2) Fordonsgas Stockholm AB, 556489-7899 ("**FSAB**").

(VAAB och FSAB nedan gemensamt kallade "**Parterna**" och individuellt även för "**Part**")

1. ÖVERLÅTELSE, TILLTRÄDE OCH AVREGISTRERING

- 1.1 FSAB överlåter härmed till VAAB de tillgångar vid FSABs anläggning på Loudden som FSAB använt för rötning, uppgradering av rågas till biogas, kryoanläggning samt lagring och distribution, och som specificerats i Bilaga 1.1 ("**Louddens Anläggning**").
- 1.2 Detta avtal träder ikraft denna dag ("**Tillträdesdagen**"), varvid VAAB skall tillträda Louddens Anläggning. Tillträde skall ske hos Hellström Advokatbyrå, Kungsgatan 33, Stockholm.
- 1.3 FSAB skall på Tillträdesdagen tillse att inskriven förklaring jämlikt JB 2:3 och JB 24:1 att angivna maskiner och annan utrustning inte skall tillhöra Fastigheten, tas bort genom ansökan av FSAB jämlikt JB 24:2. Det innebär att alla sådana maskiner och annan utrustning som omfattas av nu föreliggande inskrivning, på Tillträdesdagen skall utgöra industritillbehör till Fastigheten enligt JB 2:3, 1 stycket 1 meningen.

2. KÖPESKILLING

- 2.1 Köpeskillingen för Louddens Anläggning uppgår till trettio (30) miljoner kronor jämte mervärdesskatt ("**Köpeskilling Loudden**").
- 2.2 Köpeskilling Loudden skall erläggas kontant på Tillträdesdagen till av FSAB anvisade bankkonton.

3. ÖVERLÅTELSENS OMFÅNG

- 3.1 Överlåtelsen omfattar endast de tillgångar som ingår i definitionen av Louddens Anläggning. Köparen övertar inga skulder eller kontrakt som Säljaren ingått för verksamheten.
- 3.2 Garanti från leverantör som levererat del av Louddens Anläggning skall – Parterna emellan – gälla till förmån för VAAB. FSAB skall medverka till partsbyte i

förhållande till garantiutställaren men, om det inte är möjligt, skall FSAB, för VAABs räkning, framställa anspråk och medverka, utan kostnad för VAAB, för en reglering av kravet.

4. INGET ÖVERTAGANDE AV PERSONAL

FSAB har inte någon anställd vid Louddens Anläggning. Detta Avtal omfattar sålunda ej ansvar för personal anställd hos FSAB.

5. REGLERING AV KOSTNADER OCH INTÄKTER

Kostnader och intäkter avseende Louddens Anläggning belastar respektive tillkommer FSAB i den mån de är hänförliga till tiden före Tillträdesdagen och VAAB i den mån de är hänförliga till tiden från och med Tillträdesdagen.

6. RISKENS ÖVERGÅNG OCH FÖRSÄKRINGAR M.M.

FSAB bär risken för all skada, av vad slag det vara må, på Louddens Anläggning till Tillträdesdagen, varefter risken övergår på VAAB.

7. GARANTI, KRAV OCH FRISKRIVNING

7.1 FSAB garanterar:

- (A) att FSAB är ägare till Louddens Anläggning;
- (B) att Louddens Anläggning inte belastas av inskrivningar, hyresavtal eller andra belastningar, samt inte heller till någon del är pantsatt eller föremål för återtagande- eller äganderättsförbehåll. Härvid noteras att pantsatta företagshypotek omfattande Louddens Anläggning skall frigöras när Köpeskillingen Loudden erläggs enligt punkt 3 ovan;
- (C) att byggnader och anläggningar på Louddens Anläggning är uppförda och används i enlighet med bygglov och gällande detaljplan;
- (D) att det per den [15 december 2013] inte finns föreläggande eller motsvarande från domstol eller myndighet avseende Louddens Anläggning, eller den verksamhet som bedrivits på Louddens Anläggning, samt, såvitt FSAB känner till, inte heller är att förvänta;
- (E) att Louddens Anläggning per den [15 december 2013], med undantag för den s.k. kryoanläggningen, är i funktionsdugligt skick samt löpande fram till Tillträdesdagen kommer att undergå sedvanlig service och underhåll;

(F) att Louddens Anläggning är fullvärdesförsäkrad fram till Tillträdesdagen i enlighet med Bilaga 7.1 (F); samt

(G) att Louddens Anläggning på Tillträdesdagen är gasfri.

7.2 Miljö

FSAB garanterar per Tillträdesdagen att FSABs verksamhet på Louddens Anläggning inte har bedrivits på sådant sätt att det kan föranleda ansvar enligt gällande miljölagstiftning samt att mark, byggnader och anläggningar inte nyttjats på sådant sätt som kan medföra ansvar enligt annan lag.

7.3 Personal

FSAB garanterar per Tillträdesdagen att VAAB genom detta Avtal inte blir skyldigt att ta över ansvaret för någon personal anställd hos FSAB eller annan.

7.4 Tvister

FSAB garanterar per [15 december 2013] att det inte, med undantag för Tvisten (definierad i Ramavtalet), föreligger eller kan befaras uppkomma.

7.5 Övrigt

Av FSAB lämnade garantier i denna punkt 7, gäller inte för sådana omständigheter som VAAB känner till eller borde känna till.

8. GARANTIANSPRÅK

8.1 Vid brist i eller avvikelse från av FSAB lämnad garanti, skall FSAB ersätta VAAB därför med ett belopp motsvarande den direkta skada som VAAB lider med anledning av bristen eller avvikelsen genom nedsättning av ersättningen enligt punkt 2.2. VAAB har inte rätt till någon annan påföljd enligt köplagen, någon annan lag, allmänna avtalsrättsliga principer eller i övrigt.

8.2 Om inte VAAB inom fyra (4) månader efter det att VAAB märkt eller borde ha märkt avvikelse från garanti, och senast inom tolv 12 månader från Tillträdesdagen, reklamerar avvikelsen förlorar VAAB rätten att åberopa avvikelsen. Detsamma gäller vid annat kontraktsbrott.

8.3 Endast enskild avvikelse från lämnad garanti överstigande trehundratusen (300 000) kronor får göras gällande.

- 8.4 FSAB's sammanlagda ansvar för skada under detta Avtal är begränsat till ett belopp motsvarande fyrtio (40) procent av ersättningen enligt punkt 2.2, för såvitt inte försäkringsersättning utgår i vilket fall ersättning istället skall utgå med utfallande försäkringsbelopp.

9. ANSVAR FÖR TID FRAM TILL TILLTRÄDESDAGEN

- 9.1 FSAB förbinder sig att fram till Tillträdesdagen förvalta Louddens Anläggning och ansvara för löpande sedvanlig service och underhåll.
- 9.2 Om Louddens Anläggning skadas innan Tillträdesdagen och skadan är ersättningsgill under FSABs försäkringsskydd enligt punkt 7.1 (F) ovan, och ej åtgärdats innan Tillträdesdagen, skall utfallande försäkringsersättning tillfalla VAAB.

10. ÖVERLÄMNANDE AV HANDLINGAR M.M.

FSAB skall till VAAB på Tillträdesdagen överlämna alla av FSAB innehavda handlingar, av vad slag det vara må, som rör Louddens Anläggning.

11. ÖVRIGA BESTÄMMELSER

- 11.1 Detta avtal utgör del av ett samtidigt härmed träffat Ramavtal.
- 11.2 För detta avtal gäller i övrigt de allmänna bestämmelser som anges i Ramavtalet.

UNDERSKRIFTSSIDA FÖLJER:

STOCKHOLM DEN [] 2013

STOCKHOLM VATTEN VA AB

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

[]

[]

[]

[]

AVTAL
MELLAN
STOCKHOLM VATTEN VA AB
OCH
FORDONSGAS STOCKHOLM AB
AVSEENDE FASTIGHETSREGLERING HENRIKSDAL
DEN [] 2013

INNEHÅLL

1.	ÖVERLÅTELSE M.M.	1
2.	TILLTRÄDE OCH ERSÄTTNING	1
3.	KOSTNADER OCH INTÄKTER.....	2
4.	FSABS GARANTIER	2
4.1	Reningsverket 2	2
4.2	Miljö.....	3
4.3	Övrigt	3
5.	GARANTIANSPRÅK.....	3
6.	ÖVERTAGANDE AV DRIFTSAVTAL	4
7.	FASTIGHETSREGLERINGSFRÅGOR	4
8.	TILLÄMPLIG LAG OCH TVISTER	4

AVTAL OM FASTIGHETSREGLERING

träffat denna dag mellan:

- (1) Stockholm Vatten VA AB, org. nr 556175-1867 ("**VAAB**"); och
- (2) Fordonsgas Stockholm AB, 556489-7899 ("**FSAB**").

(VAAB och FSAB nedan gemensamt kallade "**Parterna**" och individuellt även för "**Part**")

1. ÖVERLÅTELSE M.M.

- 1.1 FSAB överlåter på villkoren i detta avtal härmed till VAAB, genom fastighetsreglering till Reningsverket 1, Stockholms kommun, (i) den av FSAB ägda fastigheten Reningsverket 2, Stockholms kommun, inklusive fastighets-, byggnads-, och industritillbehör och pågående arbeten enligt förteckning i Bilaga 1.1 (a) – (b), samt (ii) samtliga tillgångar, rättigheter och skyldigheter hänförliga till pågående arbeten på Reningsverket 2 enligt förteckning i Bilaga 1.1 (c) ("**Pågående Arbeten**"), (i) och (ii) ovan kallas härafter "**Reningsverket 2**".
- 1.2 FSAB skall överlämna samtliga handlingar avseende Reningsverket 2 och Pågående Arbeten, såsom kartor, ritningar och bygglovsritningar, i form av kopior, samt beställningar, orderbekräftelser, avtal, ritningar, specifikationer m.m., i original, överlämnas till VAAB på Tillträdesdagen (definierad nedan).

2. TILLTRÄDE OCH ERSÄTTNING

- 2.1 Detta avtal träder ikraft denna dag ("**Tillträdesdagen**"). Tillträde skall ske hos Hellström Advokatbyrå, Kungsgatan 33, Stockholm.
- 2.2 Ersättningen för Reningsverket 2 uppgår till nittiotre (93) miljoner SEK plus *[belopp motsvarande de faktiska utgifterna per Tillträdesdagen för Pågående Arbeten]* SEK enligt bilaga 1.1 (c) (nedan gemensamt "**Ersättning Henriksdal**"). Ersättning Henriksdal skall erläggas kontant på Tillträdesdagen genom:
 - (i) betalning av [] kronor till [] bank mot samtidigt erhållande samtliga av [] bank innehavda pantbrev i Reningsverket 2 om sammanlagt [] kronor inom [] kronor, och
 - (ii) betalning av [] kronor till FSABs konto nr [] i [] bank.

- 2.3 Parterna är överens om att någon ytterligare ersättning inte ska utgå enligt 5 kap. fastighetsbildningslagen eller på annan grund.

3. KOSTNADER OCH INTÄKTER

- 3.1 FSAB skall för tiden till Tillträdesdagen uppbära samtliga intäkter samt stå samtliga kostnader för Reningsverket 2. Motsvarande rättigheter och skyldigheter åvilar respektive tillkommer VAAB från och med Tillträdesdagen. Till undvikande av missförstånd noteras att detta inte påverkar Ersättning Henriksdal enligt punkt 2.2. ovan.
- 3.2 Fastighetsskatt/kommunal fastighetsavgift utgör kostnad för Reningsverket 2 enligt denna punkt, innebärande att VAAB ska ersätta FSAB för sådana kostnader till den del dessa belöper på tiden efter Tillträdesdagen.
- 3.3 VAAB skall svara för samtliga förrätningskostnader för fastighetsregleringen enligt detta Avtal.

4. FSABs GARANTIER

4.1 Reningsverket 2

FSAB garanterar per Tillträdesdagen följande avseende Reningsverket 2:

- (a) att FSAB är lagfaren ägare till Reningsverket 2;
- (b) att Reningsverket 2 inte belastas av panträtt, samt ej heller av andra servitut, inskrivningar, hyresavtal eller andra belastningar, innefattande ägande- och återtagandeförbehåll, än de som framgår av Bilaga 6.1 (b). Härvid noteras att pantsatta företagshypotek och panträtt över Reningsverket 2 skall frigöras när ersättning erläggs enligt punkt 2.2 ovan;
- (c) att samtliga byggnader och anläggningar på Reningsverket 2 tillhör densamma;
- (d) att det inte hos inskrivningsmyndigheten avgivits eller inskrivits någon förklaring av innebörd att maskiner och annan utrustning som normalt skall utgöra industritillbehör inte hör till fastigheten Reningsverket 2.
- (e) att byggnader och anläggningar på Reningsverket 2 är uppförda och används i enlighet med bygglov och gällande detaljplan;
- (f) [att det inte finns föreläggande eller motsvarande från domstol eller myndighet avseende Reningsverket 2 eller den därpå bedrivna verksamheten;]

- (g) att alla för Reningsverket 2 fram till Tillträdesdagen förfallna avgifter för gatuutbyggnadskostnad, gatumarkersättning, elanslutningskostnad, VA-anslutningskostnad, fjärrvärmeanslutningskostnad etc. är betalda;
- (h) att Reningsverket 2 är fullvärdesförsäkrad fram till och med Tillträdesdagen;
- (i) att FSAB avstår från rättigheter och avtalsservitut enligt punkt 7 "Rättigheter för Köparen" i "Avtal om överlåtelse av markområde samt avtal om fastighetsbildning";
- (j) att VAAB genom detta Avtal inte blir skyldigt att ta över ansvaret för någon personal anställd hos FSAB eller annan; samt
- (k) [att Reningsverket 2 är i fullt funktionsdugligt skick och att den genomgått sedvanligt löpande underhåll.]

4.2 Miljö

FSAB garanterar per Tillträdesdagen att FSABs verksamhet på Reningsverket 2 inte har bedrivits på sådant sätt att det kan föranleda ansvar enligt gällande miljölagstiftning samt att mark, byggnader och anläggningar inte nyttjats på sådant sätt som kan medföra ansvar enligt annan lag.

4.3 [Tvister

FSAB garanterar per Tillträdesdagen att inga tvister berörande överlåtna tillgångar enligt detta Avtal föreligger].

5. GARANTIANSPRÅK

- 5.1 Vid brist i eller avvikelse från av FSAB lämnad garanti, skall FSAB ersätta VAAB genom avdrag på i punkt 2.2 angivna ersättning, med ett belopp motsvarande vad som åtgår för att sätta Hyresobjekt Henriksdal i avtalat skick enligt "Hyresavtal Henriksdal och Bromma". VAAB har inte rätt till någon annan påföljd enligt jordabalken eller någon annan lag, allmänna avtalsrättsliga principer eller i övrigt.
- 5.2 [Om inte VAAB inom fyra (4) månader efter det att VAAB märkt eller borde ha märkt avvikelse från garanti, och senast inom [12] månader från Tillträdesdagen, reklamerar avvikelsen förlorar VAAB rätten att åberopa avvikelsen.] [Endast enskild avvikelse från lämnad garanti överstigande etthundratusen (100 000) kronor får göras gällande.]
- 5.3 [FSAB's sammanlagda ansvar för skada under detta Avtal är begränsat till ett belopp motsvarande etthundra (100) procent av ersättningen enligt punkt 2.2]

6. ÖVERTAGANDE AV DRIFTSAVTAL

- 6.1 VAAB skall på Tillträdesdagen överta FSABs rättigheter och skyldigheter enligt de avtal som förtecknats i Bilaga 6.1. FSAB skall, där så erfordras, snarast efter Tillträdesdagen inhämta samtycke till partsbyte.
- 6.2 Om sådant samtycke förvägras skall FSAB, för VAABs räkning, fullgöra avtalen mot ersättning för uppkomna kostnader.

7. FASTIGHETSREGLERINGSFRÅGOR

- 7.1 VAAB har hos Lantmäteriet ansökt om fastighetsreglering för Reningsverket 2 i enlighet med vad som anges i detta Avtal, vilken ansökan FSAB godkänt. VAAB skall komplettera ansökan genom ingivande av detta Avtal så snart det trätt ikraft såsom överenskommelse om fastighetsreglering och medgivande enligt 5 kap. 18 § fastighetsbildningslagen.
- 7.2 Parterna åtar sig att, efter bästa förmåga, vidta de åtgärder som behövs för att så snart som möjligt erhålla lagakraftvunnen fastighetsreglering av Reningsverket 2 in i Reningsverket 1 i enlighet med detta Avtal.

8. TILLÄMPLIG LAG OCH TVISTER

- 8.1 Svensk lag skall tillämpas på detta Avtal.
- 8.2 Tvist i anledning av detta Avtal skall slutligt avgöras genom skiljedomsförfarande administrerat vid Stockholms Handelskammars skiljedomsinstitut (Institutet). Institutets Regler för Förenklat skiljeförfarande skall gälla om inte Institutet med beaktande av målets svårighetsgrad, tvisteföremålets värde och övriga omständigheter bestämmer att Skiljedomsreglerna för Stockholms Handelskammars skiljedomsinstitut skall tillämpas på förfarandet. I sistnämnda fall skall skiljenämnden skall bestå av en eller tre skiljemän.
- 8.3 Skiljeförfarande som påkallats med hänvisning till denna skiljeklausul omfattas av sekretess. Sekretessen omfattar all information som framkommer under förfarandet liksom beslut eller skiljedom som meddelas i anledning av förfarandet. Information som omfattas av sekretess får inte i någon form vidarebefordras till tredje person utan den andra Partens skriftliga samtycke. Part skall emellertid inte vara förhindrad att vidarebefordra sådan information för att på bästa sätt tillvarata sin rätt mot den andra Parten med anledning av tvisten eller om en sådan skyldighet följer av tvingande lag eller börsregler.

UNDERSKRIFTSSIDA FÖLJER:

Detta Avtal har upprättats i två (2) originalexemplar, av vilka Parterna erhållit var sitt.

Stockholm den [] 2013

STOCKHOLM VATTEN AB

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

**AVTAL
MELLAN
STOCKHOLM VATTEN VA AB
OCH
FORDONSGAS STOCKHOLM AB
AVSEENDE FASTIGHETSREGLERING BROMMA
DEN [] 2013**

INNEHÅLL

1.	ÖVERLÅTELSE M.M.	1
2.	TILLTRÄDE OCH ERSÄTTNING	1
3.	KOSTNADER OCH INTÄKTER.....	2
4.	FSABS GARANTIER	2
4.1	Rötkammaren 2	2
5.	GARANTIANSPRÅK.....	3
6.	ÖVERTAGANDE AV DRIFTSAVTAL M.M.	4
7.	FASTIGHETSREGLERINGSFRÅGOR	4
8.	TILLÄMPLIG LAG OCH TVISTER	4

AVTAL OM FASTIGHETSREGLERING

träffat denna dag mellan:

- (1) Stockholm Vatten VA AB, org. nr 556175-1867 ("VAAB"); och
- (2) Fordonsgas Stockholm AB, 556489-7899 ("FSAB").

(VAAB och FSAB nedan gemensamt kallade "**Parterna**" och individuellt även för "**Part**")

1. ÖVERLÅTELSE M.M.

- 1.1 FSAB överlåter på villkoren i detta avtal härmed till VAAB, genom fastighetsreglering till Rötksammar 1, Stockholms kommun, den av FSAB ägda fastigheten Rötksammar 2, Stockholms kommun, inklusive fastighets-, byggnads-, och industritillbehör enligt förteckning i Bilaga 1.1 ("**Rötksammar 2**").
- 1.2 FSAB skall överlämna samtliga handlingar avseende Rötksammar 2, såsom kartor, ritningar och bygglovsritningar, i form av kopior, till VAAB på Tillträdesdagen (definierad nedan).

2. TILLTRÄDE OCH ERSÄTTNING

- 2.1 Detta avtal träder ikraft denna dag ("**Tillträdesdagen**"). Tillträde skall ske hos Hellström Advokatbyrå, Kungsgatan 33, Stockholm.
- 2.2 Ersättningen för Rötksammar 2 uppgår till sextiosju (67) miljoner kronor och skall erläggas kontant på Tillträdesdagen genom:
 - (i) betalning av [] kronor till [] bank mot samtidigt erhållande samtliga av [] bank innehavda pantbrev i Rötksammar 2 om sammanlagt [] kronor inom [] kronor, och
 - (ii) betalning av [] kronor till FSABs konto nr [] i [] bank.
- 2.3 Parterna är överens om att någon ytterligare ersättning inte ska utgå enligt 5 kap. fastighetsbildningslagen eller på annan grund.

3. KOSTNADER OCH INTÄKTER

- 3.1 FSAB skall för tiden till Tillträdesdagen uppbära samtliga intäkter samt stå samtliga kostnader för Røtkammaren 2. Motsvarande rättigheter och skyldigheter åvilar respektive tillkommer VAAB från och med Tillträdesdagen.
- 3.2 Fastighetsskatt/kommunal fastighetsavgift utgör kostnad för Røtkammaren 2 enligt denna punkt, innebärande att VAAB ska ersätta FSAB för sådana kostnader till den del dessa belöper på tiden efter Tillträdesdagen.
- 3.3 VAAB skall svara för samtliga förrätningskostnader för fastighetsregleringen enligt detta Avtal.

4. FSABs GARANTIER

4.1 Røtkammaren 2

FSAB garanterar per Tillträdesdagen:

- (a) att FSAB är lagfaren ägare till Røtkammaren 2;
- (b) att Røtkammaren 2 inte belastas av panträtt, samt ej heller av andra servitut, inskrivningar, hyresavtal eller andra belastningar, innefattande ägande- och återtagandeförbehåll, än de som framgår av Bilaga 6.1 (b). Härvid noteras att pantsatta företagshypotek och panträtt över Røtkammaren 2 skall frigöras när ersättning erläggs enligt punkt 2.2 ovan;
- (c) att samtliga byggnader och anläggningar på Røtkammaren 2 tillhör densamma;
- (d) att det inte hos inskrivningsmyndigheten avgivits eller inskrivits någon förklaring av innebörd att maskiner och annan utrustning som normalt skall utgöra industritillbehör inte hör till fastigheten Røtkammaren 2;
- (e) att byggnader och anläggningar på Røtkammaren 2 är uppförda och används i enlighet med bygglov och gällande detaljplan;
- (f) [att det inte finns föreläggande eller motsvarande från domstol eller myndighet avseende Røtkammaren 2 eller den därpå bedrivna verksamheten, samt, såvitt FSAB känner till, inte heller är att förvänta;]
- (g) att alla för Røtkammaren 2 fram till Tillträdesdagen förfallna avgifter för gatuutbyggnadskostnad, gatumarksansättning, elanslutningskostnad, VA-anslutningskostnad, fjärrvärmeanslutningskostnad etc. är betalda;

- (h) att Røtkammaren 2 är fullvärdesförsäkrad fram till Tillträdesdagen;
- (i) att FSAB avstår från rättigheter och avtalsservitut enligt punkt 7 ”Rättigheter för Köparen” i ”Avtal om överlåtelse av markområde samt avtal om fastighetsbildning”;
- (j) att VAAB genom detta Avtal inte blir skyldigt att ta över ansvaret för någon personal anställd hos FSAB eller annan; samt
- (k) [att Røtkammaren 2 är i fullt funktionsdugligt skick och att den genomgått sedvanligt löpande underhåll.]

4.2 **Miljö**

FSAB garanterar per Tillträdesdagen att FSABs verksamhet på Røtkammaren 2 inte har bedrivits på sådant sätt att det kan föranleda ansvar enligt gällande miljölagstiftning samt att mark, byggnader och anläggningar inte nyttjats på sådant sätt som kan medföra ansvar enligt annan lag.

4.3 **[Tvister**

FSAB garanterar per tillträdesdagen att inga tvister berörande överlåtna tillgångar enligt detta Avtal föreligger.]

5. **GARANTIANSPRÅK**

- 5.1 Vid brist i eller avvikelse från av FSAB lämnad garanti, skall FSAB ersätta VAAB genom avdrag på i punkt 2.2. angivna ersättning, med ett belopp motsvarande vad som åtgår för att sätta Hyresobjekt Bromma i avtalat skick enligt ”Hyresavtal Henriksdal och Bromma”.
- 5.2 [Om inte VAAB inom fyra (4) månader efter det att VAAB märkt eller borde ha märkt avvikelse från garanti, och senast inom [12] månader från Tillträdesdagen reklamerar avvikelsen förlorar VAAB rätten att åberopa avvikelsen.]
- 5.3 [Endast enskild avvikelse från lämnad garanti överstigande etthundratusen (100 000) kronor får göras gällande.]
- 5.4 [FSAB’s sammanlagda ansvar för skada under detta Avtal är begränsat till ett belopp motsvarande etthundra (100) procent av ersättningen enligt punkt 2.2.]

6. ÖVERTAGANDE AV DRIFTSAVTAL M.M.

- 6.1 VAAB skall på Tillträdesdagen överta FSABs rättigheter och skyldigheter enligt de avtal som förtecknats i Bilaga 6.1. FSAB skall, där så erfordras, snarast efter Tillträdesdagen inhämta samtycke till partsbyte.
- 6.2 Om sådant samtycke förvägras skall FSAB, för VAABs räkning, fullgöra avtalen mot ersättning för uppkomna kostnader.

7. FASTIGHETSREGLERINGSFRÅGOR

- 7.1 VAAB har hos Lantmäteriet ansökt om fastighetsreglering för Rötammaren 2 i enlighet med vad som anges i detta Avtal, vilken ansökan FSAB godkänt. VAAB skall komplettera ansökan genom ingivande av detta Avtal så snart det trätt ikraft såsom överenskommelse om fastighetsreglering och medgivande enligt 5 kap. 18 § fastighetsbildningslagen.
- 7.2 Parterna åtar sig att, efter bästa förmåga, vidta de åtgärder som behövs för att så snart som möjligt erhålla lagakraftvunnen fastighetsreglering av Rötammaren 2 in i Rötammaren 1 i enlighet med detta Avtal.

8. TILLÄMPLIG LAG OCH TVISTER

- 8.1 Svensk lag skall tillämpas på detta Avtal.
- 8.2 Tvist i anledning av detta Avtal skall slutligt avgöras genom skiljedomsförfarande administrerat vid Stockholms Handelskammars skiljedomsinstitut (Instituttet). Instituttets Regler för Förenklat skiljeförfarande skall gälla om inte Instituttet med beaktande av målets svårighetsgrad, tvisteföremålets värde och övriga omständigheter bestämmer att Skiljedomsreglerna för Stockholms Handelskammars skiljedomsinstitut skall tillämpas på förfarandet. I sistnämnda fall skall skiljenämnden skall bestå av en eller tre skiljemän.
- 8.3 Skiljeförfarande som påkallats med hänvisning till denna skiljeklausul omfattas av sekretess. Sekretessen omfattar all information som framkommer under förfarandet liksom beslut eller skiljedom som meddelas i anledning av förfarandet. Information som omfattas av sekretess får inte i någon form vidarebefordras till tredje person utan den andra Partens skriftliga samtycke. Part skall emellertid inte vara förhindrad att vidarebefordra sådan information för att på bästa sätt tillvarata sin rätt mot den andra Parten med anledning av tvisten eller om en sådan skyldighet följer av tvingande lag eller börsregler.

Detta Avtal har upprättats i två (2) originalexemplar, av vilka Parterna erhållit var sitt.

Stockholm den [] 2013

STOCKHOLM VATTEN AB

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

HYRESAVTAL

MELLAN

STOCKHOLM VATTEN AB

OCH

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

DEN [] 2013

INNEHÅLL

1.	BAKGRUND	3
2.	DEFINITIONER.....	3
3.	UPPLÅTELSE.....	4
4.	HYRESOBJEKTENS SKICK	4
5.	HYRESTID.....	5
6.	HYRA	5
7.	UNDERHÅLL OCH INVESTERINGAR I HYRESOBJEKTEN.....	6
8.	TILLTRÄDE TILL HYRESOBJEKTEN M.M.	7
9.	UPPSÄGNING OCH FÖRLÄNGNINGSTID	7
10.	ÖVERLÅTELSE, VIDAREUPPLÅTELSE OCH/ELLER PANTSÄTTNING AV UPPLÅTELSEN M.M.....	8
11.	TILLSTÅND ATT BEDRIVA VERKSAMHET, MILJÖPÅVERKAN OCH MILJÖKOSTNADER M.M	8
12.	ÅTERSTÄLLANDE.....	8

HYRESAVTAL

träffat denna dag mellan:

- (1) Stockholm Vatten AB, org. nr 556210-6855 ("**Hyresvärden**"); och
- (2) Fordonsgas Stockholm AB, 556489-7899 ("**Hyresgästen**").

(Hyresvärden och Hyresgästen nedan gemensamt kallade "**Parterna**" och individuellt även för "**Part**")

1. BAKGRUND

- 1.1 Detta hyresavtal ingås i enlighet med ett mellan Parterna denna dag träffat ramavtal ("**Ramavtalet**").

2. DEFINITIONER

För detta avtal gäller utöver de definitioner som anges i Ramavtalet följande begrepp:

- 2.1 "**Anskaffningskostnaden**" avser per dag för godkänd slutbesiktning (i) vad VAAB erlagt för Pågående Arbeten såsom definierat i punkt 2.2 "Avtal om Fastighetsreglering Henriksdal", (ii) tillkommande kostnader för färdigställande av Linje 3:1 samt (iii) ränta motsvarande Räntan på i (i) och (ii) framräknade belopp.
- 2.2 "**Begynnelsedag 3:1**" avser den första dagen i den kalendermånad som infaller närmast efter dag för godkänd slutbesiktning av Linje 3:1 (definierad i punkt 2.9 nedan).
- 2.3 "**Begynnelsedag 3:2**" avser den första dagen i den kalendermånad som infaller närmast efter dag för godkänd slutbesiktning av Linje 3:2 (definierad i punkt 2.10 nedan).
- 2.4 "**Hyresobjekt Bromma**" utgörs av fastigheten Rötammaren 2, inklusive mark, byggnader och anläggningar. Fastighetens arrondering framgår av röd linje på bilagd karta, Bilaga 2.4, och efter eventuell fastighetsreglering motsvarande mark, byggnader och anläggningar av Rötammaren 1.
- 2.5 "**Hyresobjekt Henriksdal**" utgörs av fastigheten Reningsverket 2, , inklusive mark, byggnader och anläggningar. Fastighetens arrondering framgår av avgränsningar med

röd linje på bilagd karta, Bilaga 2.5, och efter eventuell fastighetsreglering motsvarande mark, byggnader och anläggningar av Reningsverket 1.

- 2.6 **"Hyresobjekten"** utgörs av Hyresobjekt Bromma och Hyresobjekt Henriksdal tillsammans.
- 2.7 **"Hyresår"** avser tiden från Tillträdesdagen till det kalenderårsskifte som inträffar därefter. För tiden därefter skall med Hyresår avses kalenderår.
- 2.8 **"Investering"** avser kostnad som Hyresvärden nedlägger i endera Hyresobjekt eller Linje 3:1 under Hyrestiden och som ej kan hänföras till normalt löpande underhåll.
- 2.9 **"Linje 3:1"** avser pågående nyanläggning av en ytterligare uppgraderingsanläggning i Henriksdal med en kapacitet om cirka 8 MNm³ biogas.
- 2.10 **"Linje 3:2"** avser möjlig anläggning av en ytterligare uppgraderingsanläggning i Henriksdal med en kapacitet om cirka 8 MNm³ biogas.
- 2.11 **"Ränta"** avser ränta för 2-årig statsobligation +2,85 procentenheter. Beräkningsnivån för 2-årig statsobligation fastställs årligen som medelvärdet för räntan på 2-årig statsobligation för tredje kvartalet året före hyresåret.

3. UPPLÅTELSE

- 3.1 Hyresvärden uthyr härmed Hyresobjekten till Hyresgästen på de villkor som anges i detta avtal för produktion av biogas från rågas som Hyresvärden levererar till Hyresgästen.
- 3.2 Hyresgästen tillförsäkras de rättigheter och nyttigheter som krävs för att fullt ut kunna nyttja Hyresobjekten på ett för de avsett sätt, exempelvis som tagande av väg till och från Hyresobjekten, nyttjande av utfartsväg för farligt gods m.m., vilka rättigheter och nyttigheter framgår av Bilaga 3.2.
- 3.3 Detta Hyresavtal omfattar Linje 3:1 från Begynnelsedag 3:1.
- 3.4 Detta Hyresavtal skall även omfatta Linje 3:2 från Begynnelsedag 3:2.

4. HYRESOBJEKTENS SKICK

Hyresobjekten upplåts i det skick som framgår av bilaga 3.1 och 4.1 till Ramavtalet.

5. HYRESTID

- 5.1 Detta avtal skall träda ikraft denna dag ("**Tillträdesdagen**").
- 5.2 Hyrestiden för Hyresobjekt Henriksdal skall vara från och med Tillträdesdagen till och med den 31 december 2038.
- 5.3 Hyrestiden för Hyresobjekt Bromma skall vara från och med Tillträdesdagen tills vidare.

6. HYRA

- 6.1 Hyra för Hyresobjekt Henriksdal, med undantag för Linje 3:1 som regleras separat i punkt 6.2 nedan, skall utgå månadsvis med 1/12 av summan av
 - 6.1.1 ett belopp om 133 MSEK fördelat på 20 Hyresår;
 - 6.1.2 ett belopp motsvarande Hyresvärdens under hyrestiden gjorda Investeringar, fördelade på 20 år räknat från tidpunkten för respektive Investering;
 - 6.1.3 ett belopp motsvarande Ränta på summan av punkt 6.1.1 och 6.1.2 minskat med vad som före varje Hyresårs ingång erlagts enligt samma punkter.
- 6.2 Hyra för Linje 3:1 skall utgå månadsvis från Begynnelsedag 3:1, om Linje 3:1 därvid tas i drift, med 1/12 av följande belopp:
 - 6.2.1 för tid från Begynnelsedag 3:1 och till dess att 20 år förflutit, med summan av;
 - 6.2.1.1 ett belopp motsvarande Anskaffningskostnaden för Linje 3:1 fördelad på 20 år;
 - 6.2.1.2 ett belopp motsvarande Hyresvärdens under hyrestiden gjorda Investeringar i Linje 3:1 fördelade på 20 år räknat från tidpunkten för respektive Investering; samt
 - 6.2.1.3 ett belopp motsvarande Ränta på Anskaffningskostnaden enligt 6.2.1.1 och Investeringar enligt punkt 6.2.1.2 för Linje 3:1, minskat med vad som före varje Hyresårs ingång erlagts enligt samma punkter.

- 6.2.2 för tid efter Begynnelsedag 3:1, om Linje 3:1 tas i bruk senare – dock längst till den 1 januari 2018 – med ett belopp motsvarande Ränta på Anskaffningskostnaden för Linje 3:1.
- 6.2.3 Om punkt 6.2.2. äger tillämpning skall anskaffningskostnad och Investeringar enligt punkt 6.2.1.1 och 6.2.1.2 istället fördelas på det antal år (t.ex.18,5 år) som återstår av 20-årsperioden från det månadsskifte som närmast inträffar efter att Linje 3:1 togs i drift.
- 6.3 Hyra för Hyresobjekt Bromma skall månadsvis utgå med 1/12 av summan av
- 6.3.1 ett belopp om 27 MSEK fördelat på 20 Hyresår;
- 6.3.2 ett belopp motsvarande hyresvärdens under hyrestiden gjorda Investeringar fördelade på 20 år räknat från tidpunkten för respektive Investering; samt
- 6.3.3 ett belopp motsvarande Ränta på summan av punkt 6.3.1 och 6.3.2 minskat med vad som före varje Hyresårs ingång erlagts enligt samma punkter.
- 6.4 Övriga hyresvillkor
- 6.4.1 Utöver hyra tillkommer de tillägg (och ytterligare villkor) för Hyresobjekt Henriksdal som särskilt anges i Bilaga 6.4.1 (a) samt de tillägg (och ytterligare villkor) för Hyresobjekt Bromma som särskilt anges i Bilaga 6.4.1 (b).
- 6.5 Betalning av hyra skall ske månadsvis i förskott genom insättning på av Hyresvärden angivet konto.
- 6.6 Om fastigheten är eller blir registrerad för momsredovisning skall som tillägg till hyran även utgå moms.
- 6.7 Exempel på hyresberäkning enligt punkterna 6.1 – 6.3 biläggs som Bilaga 6.7.
- 7. UNDERHÅLL OCH INVESTERINGAR I HYRESOBJEKTEN**
- 7.1 Hyresgästen svarar för löpande yttre och inre underhåll av Hyresobjekten. Underhåll skall ske så att Hyresobjekten – inklusive Investeringar – under hyrestiden bibehåller funktion och produktionskapacitet under hyrestiden.
- 7.2 Hyresvärden svarar för Investeringar i Hyresobjekten. Hit hör normalt åtgärder i form av utbyte av del av anläggning med en kostnad överstigande [•] SEK exklusive moms. Beloppet skall vid ingången av varje kalenderår indexregleras i enlighet med

konsumentprisindex med basmånad oktober, med start 1 januari 2015 och basindex oktober 2013.

- 7.3 Hyresvärdens ansvar att bekosta åtgärder enligt punkt 7.2 skall ej omfatta Investeringar som med avseende på tidpunkt för genomförande, storlek eller karaktär medför risk för förluster vid hyrestidens slut. Hyresvärdens ansvar ska dock alltid omfatta Investeringar som är nödvändiga för att under hyrestiden bibehålla Hyresobjektens funktion och produktionskapacitet.
- 7.4 Hyresgästen äger rätt att på egen bekostnad vidta åtgärder som Hyresvärden avböjt att finansiera.
- 7.5 Hyresvärden äger rätt att vidta åtgärder i Hyresobjekten på egen bekostnad om Hyresgästen motsätter sig desamma.

8. TILLTRÄDE TILL HYRESOBJEKTEN M.M.

Hyresvärden äger rätt till tillträde till Hyresobjekten, men ansvarar därvid för sin personal och för att produktionen ej påverkas.

9. UPPSÄGNING OCH FÖRLÄNGNINGSTID

- 9.1 Hyresobjekt Henriksdal skall skriftligen sägas upp senast tolv (12) månader före i punkt 5.2 angivna hyrestids utgång. I annat fall förlängs avtalet i ytterligare perioder om fem (5) år för varje gång om ej uppsägning sker under förlängningsperioden med motsvarande uppsägningstid.
- 9.2 Hyresobjekt Bromma skall skriftligen sägas upp av Hyresvärden senast sex (6) månader före den dag då rågasframställning vid Hyresobjekt Bromma upphör enligt Hyresvärdens beslut. Om Hyresvärden inte säger upp Hyresobjekt Bromma att upphöra per den dag då rågasframställning vid Hyresobjekt Bromma upphör har Hyresgästen rätt att säga upp Hyresobjekt Bromma med omedelbar verkan. Hyresgästens skyldighet att erlagga hyra enligt punkt 6.3 upphör senast den dag då rågasframställning vid Hyresobjekt Bromma upphör enligt Hyresvärdens beslut.
- 9.3 Part äger rätt att begränsa detta avtals löptid och relevant Hyresobjekts omfång till vad som är förenligt med vid var tid gällande miljötillstånd.
- 9.4 Part äger rätt att säga upp detta avtal till omedelbart upphörande om den andra Parten försätts i konkurs, ansöker om företagsrekonstruktion, ansöker om ackord, inställer sina betalningar eller på annan grund kan antagas vara på obestånd.

- 9.5 Parterna skall genom särskild överenskommelse om avstående från besittningsskydd komma överens om att hyresrätten till Hyresobjekten inte skall vara underkastad bestämmelsen i 12 kap. 57 – 60 §§ i jordabalken. Överenskommelsen skall godkännas av hyresnämnden.

10. ÖVERLÅTELSE, VIDAREUPPLÅTELSE OCH/ELLER PANTSÄTTNING AV UPPLÅTELSEN M.M

- 10.1 Hyresgästens rättigheter eller skyldigheter enligt detta avtal får ej överlåtas, vidareupplåtas eller pantsättas utan Hyresvärdens skriftliga medgivande.
- 10.2 Hyresvärden skall utan anmaning informeras om eventuell förändring av Hyresgästens ägarförhållanden.

11. TILLSTÅND ATT BEDRIVA VERKSAMHET, MILJÖPÅVERKAN OCH MILJÖKOSTNADER M.M

- 11.1 Hyresgästen svarar för att den verksamhet som Hyresgästen bedriver på Hyresobjektet uppfyller tillståndskrav enligt gällande lagstiftning.
- 11.2 Hyresgästen ansvarar för miljöpåverkan som uppkommit under den tid Hyresgästen bedrivit verksamhet på Hyresobjektet, d.v.s. även för tid då Hyresgästen ägt Hyresobjekten.
- 11.3 Om krav från myndighet medför att åtgärder måste vidtas på Hyresobjekten, skall kostnaderna därför ersättas av Hyresgästen om kraven föranletts av Hyresgästens verksamhet.

12. ÅTERSTÄLLANDE

- 12.1 Vid hyresförhållandes upphörande skall Hyresgästen bortföra denne tillhörig egendom och återlämna Hyresobjekt Henriksdal, inklusive Linje 3:1 och Hyresobjekt Bromma i fullt funktionsdugligt och avstädat skick. Brister Hyresgästen häri får Hyresvärden omedelbart avhjälpa bristerna på Hyresgästens bekostnad.
- 12.2 Parterna skall gemensamt genomföra besiktning av Hyresobjekten innan respektive hyresförhållande upphör.
- 12.3 I åtagandet att återställa Hyresobjektet ingår sanering av marken från miljöfarliga ämnen som härrör från Hyresgästens verksamhet.

Av detta avtal har två (2) originalexemplar upprättats och utväxlets mellan Parterna.

Stockholm den [] 2013

Stockholm den [] 2013

Stockholm den [] 2013

STOCKHOLM VATTEN AB

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

[]

[]

[]

[]

TILLÄGG 1 TILL RÅGASAVTAL HENRIKSDAL

MELLAN

STOCKHOLM VATTEN AB

OCH

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

DEN [] 2013

INNEHÅLL

1.	BAKGRUND	1
2.	SVAB:S ÅTAGANDE	1
3.	IKRAFTTRÄDANDE	1
4.	ÖVRIGA BESTÄMMELSER	2

TILLÄGG 1

TILL

RÅGASAVTAL HENRIKSDAL

träffat denna dag mellan:

- (1) Stockholm Vatten AB, org. nr 556201-6855 ("SVAB"); och
- (2) Fordonsgas Stockholm AB, 556489-7899 ("FSAB").

(SVAB och FSAB nedan gemensamt kallade "**Parterna**" och individuellt även för "**Part**")

1. BAKGRUND

- 1.1 Detta Tillägg 1 till Rågasavtal Henriksdal ingås i enlighet med ett ramavtal träffat [] 2013 ("**Ramavtalet**") mellan Parterna.
- 1.2 I Ramavtalet angivna definitioner skall gälla även detta tilläggsavtal.

2. SVAB:S ÅTAGANDE

- 2.1 SVAB åtar sig att leverera till FSAB motsvarande volym rågas från Henriksdal som levereras från anläggningen i Bromma i enlighet med villkoren i "Ramavtal angående produktion av rågas vid anläggningarna vid Bromma och Henriksdal" samt Rågasavtal Bromma, vid tidpunkten då rågasproduktionen upphör vid Brommaanläggningen (utöver de volymer rågas som redan levereras till FSAB enligt Rågasavtal Henriksdal).
- 2.2 Leverans enligt 2.1 skall ske till pris och enligt övriga villkor, som gäller enligt Rågasavtal Henriksdal samt Ramavtal angående produktion av rågas vid anläggningarna i Bromma och Henriksdal.
- 2.3 Bilaga 4.2 till Rågasavtal Henriksdal skall uppdateras denna dag med leveranserna enligt punkt 2.1, i enlighet med punkten 4.3 i Rågasavtal Henriksdal.

3. IKRAFTTRÄDANDE

SVABs åtagande enligt punkt 2.1 gäller från den tidpunkt då rågasframställningen upphör vid anläggningen i Bromma. Rågasavtal Bromma skall upphöra vid den senare

av (i) den dag som SVAB anger efter föregående uppsägning från SVAB med iakttagande av en uppsägningstid om minst sex (6) månader och (ii) den dag när rågasframställningen upphör vid anläggningen i Bromma.

4. ÖVRIGA BESTÄMMELSER

Bestämmelserna i Rågasavtal Henriksdal skall i övrigt äga tillämpning på detta tilläggsavtal. Vid eventuella konflikter mellan bestämmelser i detta tilläggsavtal och i Rågasavtal Henriksdal skall bestämmelserna i detta tilläggsavtal äga företräde.

Detta tilläggsavtal har upprättats i två (2) originalexemplar, av vilka Parterna erhållit var sitt.

Stockholm den [] 2013

STOCKHOLM VATTEN AB

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

TILLÄGG 2 TILL RÅGASAVTAL HENRIKSDAL

MELLAN

STOCKHOLM VATTEN AB

OCH

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

DEN [] 2013

INNEHÅLL

1.	BAKGRUND	1
2.	SVAB:S ÅTAGANDE	1
3.	PRIS	2
4.	AVTALSTID	2
5.	ÖVRIGA BESTÄMMELSER	2

Bilaga:

Bilaga 3.2 Indexberäkning

TILLÄGG 2

TILL

RÅGASAVTAL HENRIKSDAL

träffat denna dag mellan:

- (1) Stockholm Vatten AB, org. nr 556201-6855 ("SVAB"); och
- (2) Fordonsgas Stockholm AB, 556489-7899 ("FSAB").

(SVAB och FSAB nedan gemensamt kallade "**Parterna**" och individuellt även för "**Part**")

1. BAKGRUND

- 1.1 Detta Tillägg 2 till Rågasavtal Henriksdal ingås i enlighet med ett ramavtal träffat [] 2013 ("**Ramavtalet**") mellan Parterna.
- 1.2 I Ramavtalet samt i Rågasavtal Henriksdal angivna definitioner skall gälla även detta tilläggsavtal.

2. SVAB:S ÅTAGANDE

- 2.1 SVAB skall leverera till FSAB all rågas som kan produceras vid Henriksdals reningsverk genom rötning av (i) [allt det matavfall som SVAB/VAAB från tid till annan har i uppdrag att insamla, försåvitt inte Parterna överenskommer annat], (ii) avloppsvatten som överleds från Eolshäll med en bedömd volym, dock ej begränsad till, om 1,6 MNm³, samt (iii) ökningar i volymer av sådant avloppsvatten som leds till Henriksdal till följd av befolkningstillväxt.
- 2.2 Leveransåtagandet enligt punkt 2.1 gäller med undantag för den rågas SVAB behöver för egen hygienisering i samband med rötning.
- 2.3 Rågas enligt punkt 2.1 skall för planering av produktionen anses vara tillkommande volymer, enligt punkten 4.3 i Rågasavtal Henriksdal och föranleda däri angiven uppdatering.
- 2.4 FSAB har exklusiv rätt till all rågas som SVAB producerar vid Henriksdals reningsverk. Den rågas som FSAB inte avropar, äger dock SVAB använda för egen produktion av el/värme.

- 2.5 Rågasleverans enligt punkt 2.1 skall hålla en metangashalt om 62 %.

3. PRIS

- 3.1 FSAB skall betala 3,00 SEK/Nm3 plus index för leverans enligt punkt 2.1, exklusive skatter och avgifter.
- 3.2 Rågaspriset, enligt ovan, skall indexuppräknas i enlighet med Bilaga 3.2 [Index baserat på elpris- och biogasprisutveckling]. Indexuppräkning sker årligen med början [2015].
- 3.3 Part skall ha rätt att påkalla omförhandling av priset för leverans av rågas enligt punkt 2.1 om marknadspriset på biogas varaktigt under sex månader förändras med +/- 10 % jämfört med förändringen av rågaspriset enligt indexuppräkning. Om överenskommelse om rågaspriset ej nås mellan Parterna under sådan omförhandling skall rågaspriset, med bindande verkan för Parterna, fastställas av en oberoende expert som på Parts begäran skall utses av Stockholms Handelskammare.

4. AVTALSTID

- 4.1 Detta tilläggsavtal skall träda ikraft på Tillträdesdagen och skall gälla till och med den 31 december 2038.
- 4.2 Detta tilläggsavtal skall skriftligen sägas upp senast tolv (12) månader före avtalstidens utgång. I annat fall förlängs tilläggsavtalet i ytterligare perioder om fem (5) år för varje gång om ej uppsägning sker under förlängningsperioden med samma uppsägningstid.
- 4.3 Det antecknas, att Rågasavtal Henriksdal löper ut den 31 december 2023, med rätt för FSAB att förlänga avtalet i två perioder om fem (5) år vardera.

5. ÖVRIGA BESTÄMMELSER

Bestämmelserna i Rågasavtal Henriksdal skall i övrigt äga tillämpning på detta tilläggsavtal. Detta gäller även efter att Rågasavtal Henriksdal har löpt ut under återstående löptid för detta tilläggsavtal. Vid eventuella konflikter mellan bestämmelser i detta tilläggsavtal och i Rågasavtal Henriksdal skall bestämmelserna i detta tilläggsavtal äga företräde.

Detta tilläggsavtal har upprättats i två (2) originalexemplar, av vilka Parterna erhållit var sitt.

Stockholm den [] 2013

STOCKHOLM VATTEN AB

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

INDEXREGLERING av pris för Rågas

Rågaspriset indexregleras kalenderårsvis enligt följande formel:

$$P = P_{\text{basnivå}} * (0,5 * E/E_0 + 0,5 * D/D_0)$$

Indexkorgen består av följande index:

E= Medelvärdet av de senaste 12 månadernas Konsumentprisindex för varugrupp el (KPI 0.4.5.1).
Värdena är enligt SCB för månaderna november – oktober. Viktningen är 50%.

D= Medelvärdet av de senaste 12 månadernas Konsumentprisindex för varugrupp drivmedel (KPI 0.7.2.2). Värdena är enligt SCB för månaderna november – oktober. Viktningen är 50%.

Värdena finns på SCB:s hemsida: Hitta statistik/Statistikdatabasen/Priser och konsumtion/Konsumentprisindex (KPI)/Konsumentprisindex (KPI) efter varu-/tjänstegrupper.

Startvärdena avser kalenderåret 2014 där basnivåpriset ($P_{\text{basnivå}}$) är 3,00 SEK/Nm³ och E=613,86 samt D=530,20 enligt nedanstående tabell från SCB:

	2012M11	2012M12	2013M01	2013M02	2013M03	2013M04	2013M05	2013M06	2013M07	2013M08	2013M09	2013M10	snitt
04.5.1 el	610,25	625,87	624,11	618,95	623,58	618,26	607,21	597,33	600,66	609,56	618,34	612,16	613,86
07.2.2 drivmedel	530,67	525,53	532,15	541,97	529,53	520,16	527,26	526,62	539,69	534,31	534,21	520,25	530,20

Om exempelvis medelvärdet för november 2013 – oktober 2014 är följande

04.5.1 el	620,55
07.2.2 drivmedel	540,25

blir priset för 2015:

$$3,00 * (0,5 * 620,55 / 613,86 + 0,5 * 540,25 / 530,20) = 3,045 \text{ SEK/Nm}^3$$

Anm: indexregleringen startar således med utgångspunkt från 2014 oavsett om rågas inte levereras enligt Tillägg 2 till Rågasavtal Henriksdal förrän senare, dvs för varje år från och med 2015 tas ett nytt rågaspris fram.

TILLÄGG 3 TILL RÅGASAVTAL HENRIKSDAL

MELLAN

STOCKHOLM VATTEN AB

OCH

FORDONSGAS STOCKHOLM AB

DEN [] 2013

INNEHÅLL

1.	BAKGRUND	1
2.	RÖTNING MED EXTERNT ORGANISKT MATERIAL M M.....	1
3.	PRIS	2
4.	AVTALSTID	2
5.	ÖVRIGA BESTÄMMELSER	2

TILLÄGG 3

TILL

RÅGASAVTAL HENRIKSDAL

träffat denna dag mellan:

- (1) Stockholm Vatten AB, org. nr 556201-6855 ("SVAB"); och
- (2) Fordonsgas Stockholm AB, 556489-7899 ("FSAB").

(SVAB och FSAB nedan gemensamt kallade "**Parterna**" och individuellt även för "**Part**")

1. BAKGRUND

- 1.1 Detta Tillägg 3 till Rågasavtal Henriksdal ingår i enlighet med ett ramavtal träffat [] 2013 ("**Ramavtalet**") mellan Parterna.
- 1.2 I Ramavtalet samt i Rågasavtal Henriksdal angivna definitioner skall gälla även detta tilläggsavtal.
- 1.3 I Bilaga 1.2 till Ramavtalet ges FSAB möjlighet att begära mer rågas från SVAB för att ta vara på uppgraderingskapacitet som ej nyttjas, exempelvis p.g.a. obalans i Parternas produktionskapacitet.
- 1.4 Produktion skall därvid ske genom att externt organiskt material ("**EOM**") tillsätts i SVABs ordinarie rötningsprocess på de villkor som anges häri.

2. RÖTNING MED EXTERNT ORGANISKT MATERIAL M M

- 2.1 Om FSAB begär leverans av mer rågas enligt punkt 1.3 skall Parterna i samråd planera hur denna produktion skall ske enligt följande riktlinjer:
 - 2.1.1 Parterna skall gemensamt fastställa den specifikation som EOM skall uppfylla för att rötning skall kunna ske tillsammans med ordinarie slammaterial. Parterna skall därvid agera snabbt och sakligt. Om Parterna inte kan komma överens om specifikationen skall lämplig specifikation utprovas i gemensamma försök med målsättningen att finna en fungerande kombination av material och mängder.

- 2.1.2 FSAB skall ansvara för inköp, leverans, kvalitetskontroll och uppvärmning av EOM.
- 2.1.3 FSAB skall ha rätt att leverera EOM motsvarande minst 0-7 MNm3 färdig för rötning till av SVAB kontrollerad leveranspunkt i Henriksdal.
- 2.1.4 SVAB ansvarar för rötningsprocessen.
- 2.2 Rågas enligt punkt 2.1 skall för planering av produktionen anses vara tillkommande volymer, enligt punkten 4.3 i Rågasavtal Henriksdal och föranleda däri angiven uppdatering.

3. PRIS

- 3.1 Pris för den rågas som produceras med EOM skall, till dess att avloppsvatten överleds till Henriksdal från Bromma och Eolshäll, vara 3,00 SEK/Nm3 minus FSABs kostnader för EOM, dock lägst 0,25 SEK/Nm3. För tid därefter skall priset vara 3,00 SEK/Nm3 minus FSABs kostnader för EOM dock lägst 1 SEK/Nm3.
- 3.2 Moms och eventuella skatter tillkommer.
- 3.3 Priset enligt punkt 3.1 skall indexuppräknas på sätt anges i Tillägg 2 Till Rågasavtal Henriksdal.

4. AVTALSTID

Detta Tillägg 3 skall gälla under samma tid och med samma uppsägningsregler som gäller för Tillägg 2 till Rågasavtal Henriksdal.

5. ÖVRIGA BESTÄMMELSER

Bestämmelserna i Rågasavtal Henriksdal skall i övrigt äga tillämpning på detta tilläggsavtal. Detta gäller även efter att Rågasavtal Henriksdal har löpt ut under återstående löptid för detta tilläggsavtal. Vid eventuella konflikter mellan bestämmelser i detta tilläggsavtal och i Rågasavtal Henriksdal skall bestämmelserna i detta tilläggsavtal äga företräde.

Detta tilläggsavtal har upprättats i två (2) originalexemplar, av vilka Parterna erhållit var sitt.

Stockholm den [] 2013

STOCKHOLM VATTEN AB

FORDONSGAS STOCKHOLM AB
