
RAPPORT

STOCKHOLMS FRAMTIDA AVLOPPSRENING (SFA)

TEKNISK BESKRIVNING AV HENRIKSDALS RENINGSVERK FÖR
TILLSTÅNDSANSÖKAN ENLIGT 9 OCH 11 KAPITLET MILJÖBALKEN



STOCKHOLM
2015-06-10

--	--	--

Sammanfattning	6
1 Bakgrund	16
1.1 Inledning	16
1.2 Stockholms framtida avloppsrening - SFA	17
1.3 Genomförda förstudier	18
2 Förutsättningar	23
2.1 Dimensionerande förutsättningar	23
2.2 Reningskrav	23
2.3 Flöden, belastningar och temperatur	24
2.3.1 Flöden	24
2.3.2 Belastningar	27
2.3.3 Temperatur	27
2.4 Arbeten som kan starta efter lämnat tillstånd i anmälningsärendet	27
3 Teknisk beskrivning av reningsverket efter utbyggnad	29
3.1 Henriksdals reningsverk idag	29
3.2 Mekanisk och kemisk rening - Sicklaanläggningen	29
3.2.1 Flöden- och belastningsdata för Sicklaanläggningen	29
3.2.2 Inlopp och inloppspumpstationer	30
3.2.3 Förbiledning av avloppsvatten vid haveri och höglöden	32
3.2.4 Silgaller	32
3.2.5 Renstvättpressar	33
3.2.6 Luftade sandfång	34
3.2.7 Sandtvätt	34
3.2.8 Försedimentering och kemisk fällning	35
3.2.9 Flytslamhantering	38
3.2.10 Överledning till Henriksdalsanläggningen	38
3.3 Mekanisk och kemisk rening – Henriksdalsanläggningen	38
3.3.1 Flöden och belastningsdata för Henriksdalsanläggningen	38
3.3.2 Inlopp	39
3.3.3 Nödbreddning av avloppsvatten	40
3.3.4 Silgaller	40
3.3.5 Renstvättpressar	41
3.3.6 Luftade sandfång	41
3.3.7 Sandtvätt	42
3.3.8 Finsilning av rötslamrejekt	43
3.3.9 Försedimentering och kemisk fällning	44
3.3.10 Flytslamhantering	48
3.4 Anslutning av Sicklainloppet i Henriksdalsanläggningen	48

3.4.1	Blandning av försedimenterat vatten från Sickla och Henriksdal	48
3.4.2	Förbildning av biosteget från fördelningskammaren	49
3.5	Biologisk rening	49
3.5.1	Hydraulisk belastning	49
3.5.2	Inloppspumpar	49
3.5.3	Avskiljning av resterande fasta föroreningar med hålplåtssilar	50
3.5.4	Bioreaktorer	51
3.5.5	Membrantankar	55
3.6	Rening av förbilet vatten i sandfilter vid högflöden	58
3.7	Utlopp	59
3.7.1	Flöden och utsläppta föroreningsmängder	59
3.7.2	Utloppstunnlar	60
3.7.3	Framtida utloppspumpstation	61
3.7.4	Dimensionerande havsvattennivåer	61
3.8	Slambehandling	61
3.8.1	Inledning	61
3.8.2	Hantering och behandling av primärslam	64
3.8.3	Hantering och behandling av överskottsslam	67
3.8.4	Mottagning av matavfallsslurry	69
3.8.5	Mottagning av övrigt externt organiskt material (EOM)	71
3.8.6	Rötning	72
3.8.7	Avvattning och utlastning av rötslam	77
3.8.8	Gassystem	79
3.9	Gasuppgradering	81
3.10	Provtagning och mätning	82
3.11	Installationer för VVS	85
3.11.1	Inledning	85
3.11.2	Omfattning av framtida VVS-anläggning	86
3.12	Installationer för el	88
3.12.1	Inledning	88
3.12.2	Uppbyggnad av framtida kraftförsörjningsanläggning	88
3.13	Installationer för automation	89
3.13.1	Inledning	89
3.13.2	Uppbyggnad av framtida automationsanläggning	89
4	Miljö-, tillstånds- och brandskyddsaspekter avseende framtida drift	92
4.1	Miljöpåverkan	92
4.1.1	Energiförbrukning	92
4.1.2	Kemikalieförbrukning	93
4.1.3	Produktion av fast avfall	95
4.1.4	Reningsresultat och utsläpp till recipient	95
4.1.5	Utsläpp till luft	96
4.1.6	Risker	97

4.1.7	Brandskydd och risker	97
5	Milstolpar för genomförande med tidplan	99
5.1	Genomförandebeskrivning av återstående arbetsmoment och anläggningsarbeten	99
5.1.1	Generella aspekter avseende återstående arbete	99
5.1.2	Val av entreprenadform	99
5.1.3	Detaljprojektering och upphandling av entreprenader	99
5.1.4	Förberedande installationsentreprenader avseende elkraft och ventilation	100
5.1.5	Övriga entreprenadarbeten	101
5.2	Etableringsytor	102
5.2.1	Allmänt om etableringsytor	102
5.2.2	Sicklaanläggningen	103
5.2.3	Henriksdalsanläggningen	103
5.3	Energianvändning under byggtiden	104
5.4	Användning av kemikalier under byggtiden	105
5.5	Avfall under byggtiden	106
5.6	Trafik under byggtiden	107
5.6.1	Allmänt om trafik	107
5.6.2	Sicklaanläggningen	108
5.6.3	Henriksdalsanläggningen	109
5.7	Stomljud och vibrationer vid sprängningsarbetet	111
5.7.1	Allmänt om stomljud och vibrationer	111
5.7.2	Sicklaanläggningen	111
5.7.3	Henriksdalsanläggningen	113
5.8	Tidplan	114
6	Bilagor	116
6.1	B1 Bromma Pumpstation Utredning	116
6.2	B 2 Layout Henriksdal	116
6.3	B 3 Kontrollprogram Henriksdal	116

Nomenklatur och förkortningar

ANOX	Anoxisk zon (utan fritt syre)
AOR	Actual Oxygen Requirement (syrebehov i avloppsvatten)
AOX	Halogenerade organiska substanser
ARV	Avloppsreningsverk

AS	Aktivslam
BOD _x	Biokemisk syreförbrukning under X dygn
BSAP	Baltic Sea Action Plan
COD	Kemisk syreförbrukning
DEOX	Avluftningszon
DN	Dimension för ledningar
DO	Dissolved Oxygen (löst syre)
EDN	Efterdenitrifikation
EOM	Externt organiskt material
EPS	Extracellulära polymera substanser
EX	Explosionsklassning
FDN	Fördenitrifikation
FLEX	Flexibel zon
Flux	Flöde genom membranen över en specifik yta och tid
FS	Flat Sheet membran
HF	Hollow Fibre membran
HRT	Hydraulisk uppehållstid
LCA	Life-cycle assessment/analysis (livscykelanalys)
MBR	Membranbioreaktor
MKB	Miljökonsekvensbeskrivning
MLSS	Koncentration av suspenderad substans i aktivslam
NH ₄ -N	Ammoniumkväve
NO ₃ -N	Nitrit- och nitratkväve
OX	Luftad zon
p.e.	Personekvivalent
PO ₄ -P	Ortofosfat
Q _{dim}	Dimensionerande flöde
Q _{max}	Maximalt inflöde till reningsverket
Q _{maxbio}	Maximalt inflöde till reningsverkets biologiska rening

Qmaxbio 7 d	Maximalt inflöde till reningsverkets biologiska rening under 7 dygn
Qmedel	Dygnsmedelflöde
SAD	Specifikt luftbehov
SED	Specifikt energibehov
SFA	Stockholms framtida avloppsrening
SFAR	Stockholms framtida avloppsrening-reningsverk
SFAL	Stockholms framtida avloppsrening-ledningsnät
SMP	Lösliga mikrobiella produkter
SORT	Standard Oxygen Transfer Rate (syreöverföring i renvatten)
SOTE	Standard Oxygen Transfer Efficiency (syreöverföringseffektivitet)
SRT	Slamålder
SS	Suspenderad substans
SSH	Sidoströmshydrolys
Tot-N	Totalkväve
Tot-P	Totalfosfor
TMP	Transmembrantryck
TS	Torrsubstans
VS	Organisk del av torrsubstansen

Sammanfattning

Bakgrund

Stockholm Vattens styrelse, koncernledningen Stockholm Stadshus AB och kommunfullmäktige i Stockholm har under 2014 tagit ett genomförandebeslut på att lägga ned Bromma reningsverk. Avloppsvattnet från detta verk kommer tillsammans med avloppsvatten från upptagningsområdet för det forna Eolshällsverket att ledas till Henriksdals reningsverk, som kommer att dimensioneras och byggas ut för beräknade flöden och belastningar år 2040.

För att organisera och planera det fortsatta och mycket omfattande arbetet har Stockholm Vatten AB initierat projektet Stockholms framtida avloppsrening – SFA. Projektet har delats upp i två huvuddelardelar:

- Avloppsrening (SFAR) med beskrivning av hur Henriksdals reningsverk ska byggas ut;
- Ledningsnät (SFAL) med beskrivning av hur ny tunnel ska drivas från Bromma reningsverk via det forna Eolshällsverket till Henriksdals reningsverk och Sicklaanläggningen.

Föreliggande rapport beskriver endast hur Henriksdals reningsverk ska byggas ut.

Förväntade reningskrav

Sveriges åtagande enligt Baltic Sea Action Plan, BSAP och EUs vattendirektiv kommer med största sannolikhet att resultera i skärpta reningskrav, främst med avseende på kväve och fosfor för reningsverken. Stockholm Vatten har haft inledande samtal med länsstyrelsen i Stockholms län och då fått bekräftat att så är fallet. Förväntade krav presenteras nedan i Tabell 0-1.

Tabell 0-1: Förväntade framtida reningskrav för Henriksdals reningsverk

Parameter	Enhet	Förväntade reningskrav	Dagens reningskrav
BOD₇	mg/l	6	8
Tot-N	mg/l	6	10
NH₄-N	mg/l	2	3
Tot-P	mg/l	0,2	0,3

Utbyggnad av mekanisk och kemisk rening i Sicklaanläggningen

Västerorts avloppsvatten överleds genom att en tunnel byggs från Brommaverket via Eolshällsverket till Sicklaanläggningen. Avloppsvatten kommer efter planerad utbyggnad att nå Sicklaanläggningen via tre tunnlar:

1. Den nybyggda Brommatunneln med avloppsvatten från de nedlagda Bromma- och Eolshällsverken. Sträckan Eolshäll-Sickla av Brommatunneln benämns i vissa sammanhang även Söderortstunneln;

-
2. Den befintliga Farstatunneln med avloppsvatten från de södra förorterna samt grannkommunerna Haninge och Tyresö; och
 3. Den befintliga Årstatunneln med avloppsvatten från de sydvästra förorterna samt grannkommunen Huddinge.

Avloppsvattnet från Brommatunneln kommer att pumpas via en ny pumpstation från nivån -43,7 m upp till ny anläggning på nivån +7 m. Till denna nya anläggning, som kommer att bestå av silgaller, sandfång och försedimentering med kemisk fällning, kommer också avloppsvattnet från Farsta- och Årstatunnlarna att pumpas via ännu en ny pumpstation belägen på nivån +0,5 m.

Maximalt avloppsvattenflöde, som kommer att behandlas i de nya reningsstegen i Sicklaanläggningen efter utbyggnaden är $11 \text{ m}^3/\text{s}$. Utöver dessa $11 \text{ m}^3/\text{s}$ kommer dock vid högflödessituationer ytterligare upp till $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ att behandlas i silgallren före avledning till Östbergatunneln och transport ut i ordinarie utlopp.

Avloppsvattnet rinner efter rening i silgaller, sandfång och försedimentering med kemisk fällning i Sicklaanläggningen med självfall till Henriksdalsanläggningen via två befintliga tunnlarna.

Den nuvarande anläggningen för avvattning av rötat slam kommer i och med utbyggnaden av Sicklaanläggningen att läggas ned för att bland annat minska trafiken i och runt Hammarby sjöstad. En ny avvattningsanläggning kommer istället att uppföras i Henriksdalsanläggningen.

Utbyggnad av mekanisk och kemisk rening i Henriksdalsanläggningen

Avloppsvatten kommer i framtiden att, på samma sätt som idag, nå Henriksdalsanläggningen via två tunnlarna:

1. Danvikstunnlarna med avloppsvatten från de centrala delarna av Stockholm;
2. Nackatunneln med avloppsvatten från grannkommunen Nacka och det nedlagda Louddenverket;

Avloppsvattnet i de två tunnlarna rinner med självfall in i Henriksdalsinloppet efter erforderlig pumpning ute på ledningsnätet.

Inloppskanalerna anslutna till Danvikstunneln och Nackatunneln kommer att åtgärdas så att det maximala tillflödet ska kunna öka från 6 till $8 \text{ m}^3/\text{s}$, som är det beräknade maximala avloppsvattenflödet in i Henriksdalsanläggningen år 2040.

Befintlig anläggning med silgaller behålls i framtiden medan den befintliga anläggningen för dispergering av gallerrenset kommer att demonteras och ersätts med en ny renstvätanläggning med pressar, transportsystem och containrar. Även den befintliga anläggningen med sandfång kommer att behållas i framtiden.

Samtliga befintliga försedimenteringsbassänger kommer också att vara kvar i drift. Då flödet från Sicklainloppet till försedimenteringen upphör eftersom Sicklaanlägg-

ningen får egen försedimentering kommer flödesfördelningen i fördelningskanalen in till försedimenteringen i Henriksdal att förändras och en ombyggnation av kanalen att krävas. Anläggningen kommer också i framtiden att drivas med kemisk fällning genom förfällning.

Försedimenterat avloppsvatten från Sickla- och Henriksdalsanläggningarna kommer att blandas i en ny fördelningskammare. Från denna fördelningskammare kommer sedan avloppsvattnet att ledas till de 7 befintliga parallella bioblocken. Allt avloppsvatten upp till maximalt $10 \text{ m}^3/\text{s}$ kommer att pumpas in i biosteget.

Rening av förbilet avloppsvatten vid högflödesperioder

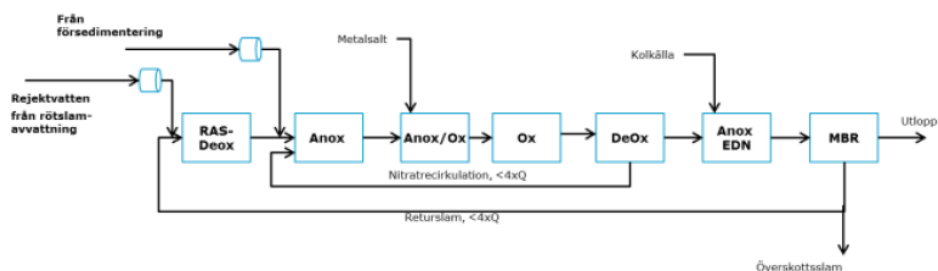
När totalflödet av försedimenterat avloppsvatten överstiger $10 \text{ m}^3/\text{s}$ kommer det överskjutande flödet att förbiledas biosteget via ett skibord samt reglerluckor och ledas till sandfilterhallen för högflödesbehandling. Ca 2% av det inkommande avloppsvattnet beräknas år 2040 behandlas i de befintliga sandfiltren under högflödesperioder.

Biologisk avloppsvattenrening med avskiljning av slamflocken i membranmoduler

Ca 98% av det inkommande avloppsvattnet kommer år 2040 att renas i det biologiska reningssteget.

Sju inloppspumpstationer anläggs i befintliga nischer i biosteget. Vardera pumpstationen är kopplad till en biolinje vilket ger ökad processkontroll och styrningsmöjligheter. Pumparna lyfter vattnet via hållplåtslar in i biosteget.

Den biologiska reningsprocessen kommer även fortsättningsvis att bli aktivslamprocessen uppdelad på 7 bioblock eller linjer. Biobassängerna är i respektive linje fördelade på 6 olika zoner. För avskiljning av slamflockarna har olika lösningar diskuterats. Det visade sig då tidigt att den enda möjliga lösningen för att få en tillräckligt god avskiljning av flockarna med befintliga bergutrymmen var att istället för befintliga eftersedimenteringsbassänger installera membranmoduler (MBR). En principskiss presenteras nedan i Figur 0-1.



Figur 0-1: Principskiss av framtida biosteg i Henriksdals reningsverk med ny membranläggning.

Beträffande membranläggningen MBR så gjordes, under arbetet med förstudierna, en jämförelse mellan de två membrantyperna Hollow Fibre (HF) och Flat Sheet (FS).

Slutsatsen från jämförelsen var att både HF- och FS-membran är möjliga att använda på Henriksdals reningsverk i framtiden. Båda typerna kan inrymmas i befintliga eftersedimenteringsbassänger och förknippas både med fördelar och nackdelar avseende processteknik, driftsäkerhet, kostnader, miljöpåverkan och anläggningstekniska aspekter. HF typen testades även under ett år i försöksanläggningen vid Henriksdalsverket.

Olika membranleverantörer bjöds in för att komma med detaljerade förslag över utformning med tillhörande priser. Efter en utvärdering föll valet på den etablerade HF typen av membran.

Befintliga 14 eftersedimenteringsbassänger byggs om till bassänger för avskiljning med membran. Samtliga eftersedimenteringsbassänger används för ändamålet. Två membranbassänger kopplas samman med en biolinje.

Flöden och utsläppta föroreningsmängder

Beräknade flöden och föroreningsmängder i utgående renat och delvis renat avloppsvatten från Henriksdals reningsverk år 2040 samt årsmedelvärden av föroreningshalterna redovisas i Tabell 0-2.

Tabell 0-2: Beräknade föroreningsmängder i utgående vatten från Henriksdals reningsverk år 2040 samt årsmedelvärden av föroreningshalterna

Parameter	Enhet	Totalt utsläpp	Biologiskt renat	Högflödesbehandlat i sandfilter	Bräddat efter hållplåtgaller i Sickla
Avloppsvattenflöde	Mm ³ /år	183,26	179,12	4,05	0,09
	%	100	97,75	2,20	0,05
Utsläppta föroreningsmängder					
BOD₅	ton/år	420	358	59	2,5
Tot-N	ton/år	934	896	37	0,8
Tot-P	ton/år	29	27	2	0,10
SS	ton/år	59	0	56	3,2
Halt i utgående vatten					
BOD₅	mg/l	2,3	2,0	14,6	27,7
Tot-N	mg/l	5,1	5,0	9,2	8,5
Tot-P	mg/l	0,16	0,15	0,5	1,1
SS	mg/l	0,3	0	13,8	35,6

Tabell 0-1 och Tabell 0-2 visar att de förväntade utsläppskraven beräknas bli uppfyllda för det förväntade flödet och föroreningsbelastningarna år 2040. Vid maximalt

månadsflöde blir det viktade medelvärde för Tot-P i utloppet ca 0,17 mg/l och därmed uppfylls utsläppskraven för fosfor även under månader med extrema högfloden.

Utloppstunnlar och utloppspumpstation

I dag finns två utloppstunnlar från Henriksdals reningsverk. Det ena utloppet, som används för avloppsvatten, avslutas med tre dysförsedda utloppsledningarna och mynnar i Saltsjön ungefär mitt för Waldemarsudde.

Det andra utloppet används framför allt för dagvatten och är en förlängning av Östbergatunneln. Den mynnar i strandkanten vid Danvikstull.

De båda utloppstunnlarna kommer att ha en framtida dimensionerande belastning på total 29 m³/s fördelat på 19 m³/s avloppsvatten (behandlat i Sickla och Henriksdal) samt 10 m³/s dagvatten från den dagvattentunneln, som ansluter utloppstunnlarna från Sicklaanläggningen.

I ett förslag till ombyggnad av utloppstubbarna, föreslås att det befintliga dagvattenutloppet görs om till spillvattenutlopp och förses med 2 nya utloppsledningarna i samma dimension (DN2400-DN800) som de befintliga tre ledningarna för avloppsvattenutsläppet. Utloppstubbarna förses med maskindrivna avstängningsluckor och sektioneringsluckor mellan spillvattentunneln och dagvattentunneln. Även fortsättningsvis kommer dagvatten och renat avloppsvatten att blandas och ledas ut i utloppstubbarna.

En ny utloppspumpstation kommer att behövas i en tidshorisont hitom dimensioneringsåret 2040 beroende på att man inte får självfall ut till Saltsjön vid höga nivåer i denna och samtidigt höga flöden ut från Henriksdalsanläggningen. Den erforderliga lyfthöjden kommer att öka med tiden på grund av att havsvattennivåerna kommer att öka mer än landhöjningen. En plats strax intill de båda befintliga utloppstunnlarna har därför angivits.

Slambehandling

I samband med förestående utbyggnad kommer slamavvattningen och utlastningen av rötslam att flyttas från Sicklaanläggningen till Henriksdalsanläggningen. En ny slamavvattning anläggs i ny byggnad uppe på berget medan utlastningen kommer att förläggas i nya bergutrymmen. Detta kommer att medföra en kraftigt förbättrad miljö för de boende i Hammarby Sjöstad samtidigt som den totala slamhanteringen förbättras påtagligt.

Förutsättningarna för den framtida slamhanteringen i Henriksdalsanläggningen kan sammanfattas på följande sätt:

- För att öka produktionen av biogas ska reningsverket i framtiden även ta emot matavfall och annat externt organiskt material i röt-kammaranläggningen som komplement till dagens fettslammottagning;
- Antalet röt-kammare ska enligt planerna inte utökas utöver de befintliga 7;

VVS

I samband med utbyggnaden kommer Sickla- och Henriksdalsanläggningarna att byggas ut och om med ett nytt och modernare VVS-system med bland annat effektiv luktbehandling av vissa ventilationsluftflöden.

El och kraft

Likaså kommer kraftförsörjningen på hela Henriksdalsverket att byggas ut för att garantera en säker leverans av el med matning från två håll. Reservkraft kommer också att installeras för strategiska anläggningsdelar.

Automation

Befintligt automationssystem kommer att bibehållas och byggas ut under kommande utbyggnad. Automationssystemet i Sicklaanläggningen kommer också att kunna korrespondera med automationssystemet i Henriksdal.

Miljöaspekter

Den specifika elenergiförbrukningen beräknas öka från 45 kWh/pe, år 2012 till 77 kWh/pe, år 2040. Denna ökning beror uteslutande på tre tillkommande poster med ungefär lika stort bidrag:

- Elförbrukning för den nya pumpstationen, som ska lyfta det tillkommande avloppsvattnet från Brommatunneln drygt 50 m upp till Sicklaanläggningen;
- Elförbrukningen för det framtida kravet på hygienisering av rötslammet;
- Elförbrukning för luftning av membranen i biosteget.

Kemikalieförbrukningen förväntas inte förändras med avseende på järnsulfat, sett som dos per behandlad kubikmeter vatten.

Idag används *polymer* till slamförtjockning och slamavvattnings. I den utbyggda anläggningen ska polymer användas även till höglödesrening.

Tillsats av kolkälla är en förutsättning för långtgående kväverening och *metanol* är en lämplig och förhållandevis billig kemikalie.

Järnklorid ska användas vid höglödessituationer och är en mycket korrosiv och frätande vätska med $\text{pH} < 1$. Med adekvata säkerhetsåtgärder och invallade eller dubbelmantlade tankar blir dock risken för utsläpp till miljön mycket liten.

För rengöring av MBR-modulerna ska *natriumhypoklorit* och *citronsyra* användas. Eventuellt kan även oxalsyra komma att användas.

En djupare utvärdering av rengöringskemikaliernas miljöpåverkan har utförts under arbetet med förstudierna och det finns en risk för att *natriumhypoklorit* (NaOCl) reagerar med organiskt material och bildar oönskade halogenerade biprodukter (AOX). AOX är ett samlingsnamn som innefattar både miljö- och hälsofarliga ämnen och ämnen som inte är farliga. Mängden AOX som bildas kan mätas som en ökning av koncentrationen av AOX i utgående vatten och i slam. För att hålla koncentrationerna så låga som möjligt är det lämpligt att rengöra få linjer i taget och att

backspola permeatsidan ordentligt efter rengöring med natriumhypoklorit. Recirkulationen av returslam gör att en stor del av AOX leds till biomassan där de till viss del kan brytas ner. En ökad ansamling av AOX i slammet kan försvåra avsättningsmöjligheterna. Erfarenheter visar dock att AOX inte ökar märkbart i biomassan.

Citronsyra är en organisk syra som finns naturligt i sura frukter. Citronsyra är lätt nedbrytbart och ett KRAV-godkänt oxidationsmedel.

Totalt sett blir kemikalieförbrukningen per kubikmeter renat avloppsvatten högre i den utbyggda anläggningen än i de befintliga.

Fast avfall kommer att produceras efter idrifttagning av det utbyggda Henriksdalsverket. Detta avfall utgörs som tidigare av rens, sand, rötslam samt uttjänat material men efter utbyggnaden även av utbytta membran.

Antalet transporter kommer att öka eftersom kemikalieförbrukningen och mängden avskild rens och sand samt avvattat slam kommer att öka. Dessutom kommer matavfallsslurry och externt organiskt material att transporteras i stora mängder till reningsverket i framtiden.

Påverkan av vattenrecipienten kommer att bli mycket positiv. Skärpta reningskrav kommer att uppnås och generellt sett kommer halterna av utsläppta föroreningar att bli mycket lägre än halterna i renat avloppsvatten idag.

Utsläppen till luft beräknas bli små. Den framtida reningsprocessen är dimensionerad för att drivas med hög slamålder, låg belastning, god tillgång på syre i oxozonerna och syrefria förhållanden i de anoxa och anaeroba zonerna. Därför förväntas lustgas- och metanutsläppen bli små.

Eftersom utsläppen till omgivningen sker kontrollerat kan luktreducerande åtgärder vidtas där behov föreligger.

Risk för luftburen spridning av smittämnen till närboende bedöms inte vara ett problem. Tidigare genomförd utredning har fastslagit att partikel- och droppbundna smittkällor som sprids via luft inte utgör någon smittrisk för Henriksdals närområde.

Kylning av rötslammet med värmepumpar kommer också att bidra till minskad metanavgång till atmosfären.

Genomförande och tidplan

Genomförandet av själva utbyggbyggnadsarbetet presenteras i ett sista kapitel i principförslaget.

Detta arbete har planerats noggrant med detaljerad definition av ingående moment. Lämpliga entreprenadformer har föreslagits och presenterats.

Etableringsytor för de kommande entreprenaderna har definierats och planerats och redovisas tillsammans med krav på dessa ytor och vad de kan tänkas inrymma för utrustning.

Beräknad energianvändning under byggtiden har vidare uppskattats liksom erforderliga kemikalier för denna fas. Restriktioner har angivits, som kommer att ställa stora krav på de upphandlade entreprenörerna vad gäller miljöaspekter.

En uppskattning av förväntade mängder bygg- och rivningsmaterial har också genomförts, som i sin tur genererat en uppskattning av trafikrörelser under byggtiden. Ett betydande bidrag till transportrörelserna utgörs av bortförsl av utsprängda bergmassor.

Slutligen finns en redogörelse för uppkomsten av vibrationer och stomljud vid bergarbeten.

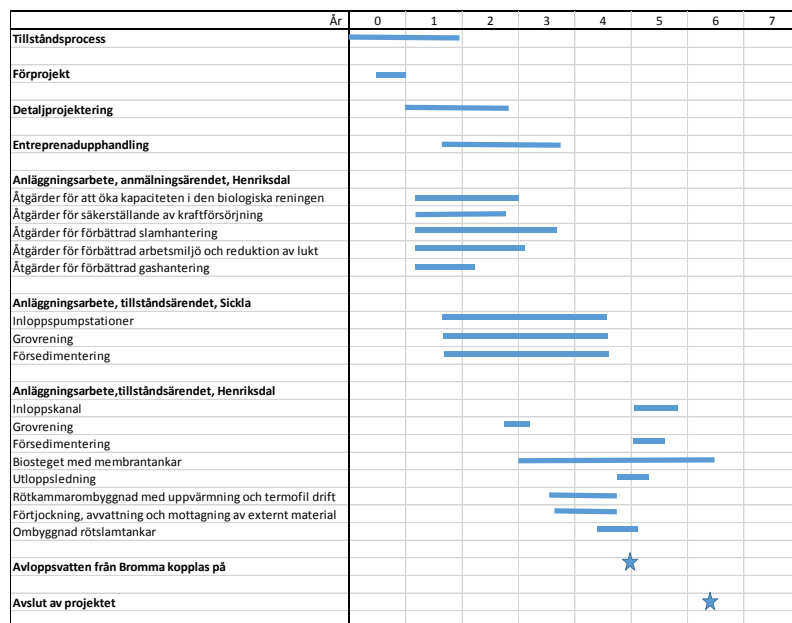
Henriksdals reningsverk har under de senaste åren haft svårigheter att klara sina villkor. Både fosfor och BOD₇ har överskridits vid några tillfällen. Anläggningen saknar också nödvändig redundans för kraftförsörjningen. Vidare är slamhanteringen i stort behov av uppgradering. Kapaciteten på avvattningen är för liten och anläggningen för borttransport av slam är placerad så att transporter går på lokalgator.

För att säkerställa driften av Henriksdalsverket och för att klara gällande villkor under de närmaste åren har Stockholm Vatten valt att bryta ut några av de ovan beskrivna investeringarna för att genomföra snabba åtgärder som förbättrar anläggningen, minskar påverkan på miljön och som ger goda förutsättningar för genomförandet av den resterande utbyggnaden inom gällande tillstånd.

Således har man efter en anmälan till miljöförvaltningen i Stockholms Stad den 24 november 2014 fått tillstånd att inom ramen för nuvarande tillstånd påbörja arbetet med vissa anläggningsarbeten innan man fått det nya tillståndet för den mer omfattande utbyggnaden, som ligger längre fram i tiden. Dessa tidigarelagda förbättringar av anläggningen är:

- Åtgärder för att öka kapaciteten i den biologiska reningen
- Åtgärder för säkerställande av kraftförsörjning
- Åtgärder för förbättrad slamhantering
- Åtgärder för förbättrad arbetsmiljö och reduktion av lukt
- Åtgärder för förbättrad gashantering

Den övergripande tidplanen för arbetet presenteras nedan i Figur 0-3 och avser åtgärder för delar som berörs såväl av det ovan beskrivna anmälningsärendet som av det kommande och mer omfattande tillståndsärendet.



Figur 0-3: Tidplan för utbyggnadsarbetet

1 Bakgrund

1.1 Inledning

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 med avseende på kväve och fosfor för reningsverken.

De skärpta kraven och stadens tillväxt kommer att medföra stora investeringar för Stockholm Vattens reningsverk.

Mot bakgrund av de stora investeringarna, som måste genomföras i reningsverken och önskemålet att bygga bostäder i Bromma, har frågan om Bromma reningsverks fortsatta verksamhet ifrågasatts. Vid en exploateringsstudie som gjordes under år 2012 framgår att en nedläggning av Bromma reningsverk skulle möjliggöra ett stort antal nya bostäder kring Brommaplan.

Stockholm Vatten styrelse fattade den 7 mars 2013 ett utredningsbeslut rörande Västerorts framtida avloppsrening, som beskrev fyra olika handlingsalternativ:

1. Brommaverket finns kvar och byggs ut för skärpta krav och för att minska påverkan på omgivningen.
2. Brommaverket läggs ner och avloppsvattnet leds till en ny plats där ett nytt verk byggs.
3. Brommaverket läggs ner och avloppsvattnet leds till Himmerfjärdsverket som byggs ut för denna belastning.
4. Brommaverket läggs ner och avloppsvattnet från Västerort leds till Henriksdalsverket som byggs ut för denna belastning samt skärpta krav och för att minska påverkan på omgivningen

De fyra utredningsalternativen analyserades utifrån teknisk genomförbarhet, miljöpåverkan, befintliga avtal, tidplan för genomförande, kostnader och risker. Ärendet anmälades till koncernstyrelsen samt kommunstyrelsen och behandlades den 19 mars respektive 17 april 2013.

Stockholm Vattens styrelse fattade den 4 september 2013 ett inriktningsbeslut enligt utredningsalternativ 4 varpå Koncernledningen Stockholms Stadshus AB och kommunstyrelsen fattade motsvarande inriktningsbeslut den 13 oktober respektive den 13 november 2013.

Dessa inriktningsbeslut innebär således att man avser att lägga ner Brommaverket och leda avloppsvattnet från Västerort till Henriksdalsverket, vilket ger staden stora möjligheter att fortsätta växa och samtidigt minska dess miljöbelastning. Dessutom möjliggör denna stora satsning på avloppsreningen att staden är säkrad för beräknad befolkningstillväxt fram till år 2040 samt möjlighet till ytterligare ökning med 500 000 anslutna personer efter det.

Inriktningsbesluten möjliggör en väsentlig miljöförbättring av verksamheten. Befintlig kapacitet i reningsbassängerna på Henriksdalsanläggningen kan utnyttjas för att klara en högre reningsgrad genom att installera membranteknik. Sicklaanläggningen byggs ut för förbehandling av avloppsvatten från Västerort, som förutom upptagningsområdet för Brommaverket även kommer att inrymma upptagningsområdet för det forna Eolshällsverket, vilket avloppsvatten idag pumpas till Himmerfjärdsverket.

Membrantekniken installerad i Henriksdalsverket leder till att utsläppen i Saltsjön minskar betydligt och är en bra grund inför framtida krav på rening av exempelvis läkemedelsrester. Överföringen av avloppsvatten från Eolshälls upptagningsområde från SYVAB till Henriksdal gör också att utsläppen i Himmerfjärden minskar avsevärt. Västerorts avloppsvatten överleds genom att en tunnel byggs från Brommaverket via Eolshällsverket till Sicklaanläggningen. Genom kapacitetsförbättringarna och den nya tunneln kommer dessutom bräddningarna att minska avsevärt, inte minst till Mälaren. Projektet kommer även att minska transportererna genom Hammarby Sjöstad.

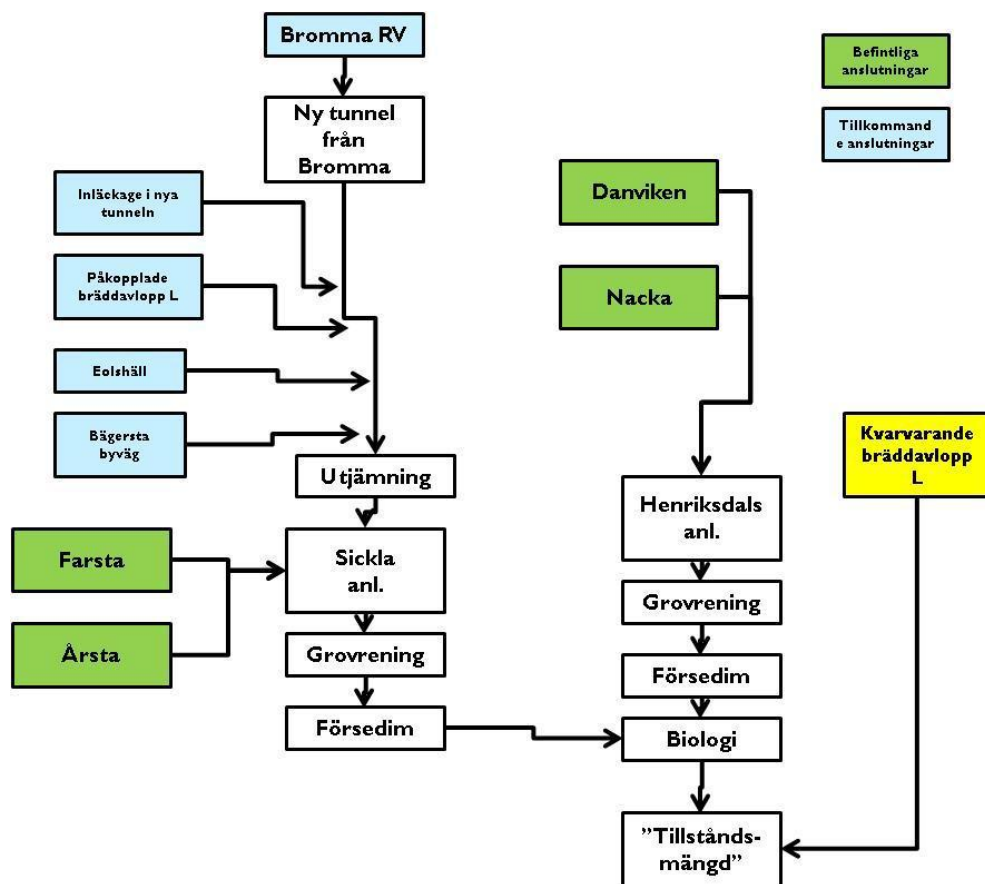
Efter inriktningsbesluten fattade under 2013 tog sedan Stockholm Vattens styrelse den 13 februari 2014 ett genomförandebeslut på att lägga ned Bromma reningsverk och leda avloppsvattnet från detta verk tillsammans med avloppsvatten från upptagningsområdet för det forna Eolshällsverket till Henriksdals reningsverk, som ska dimensioneras och byggas ut för beräknade flöden och belastningar år 2040. Kommunfullmäktige fattade slutligen motsvarande genomförandebeslut den 26 maj 2014.

1.2 Stockholms framtida avloppsrening - SFA

För att organisera och planera det fortsatta och mycket omfattande arbetet initierade Stockholm Vatten AB projektet Stockholms framtida avloppsrening – SFA under hösten 2013. Projektet har delats upp i två huvuddelar

- Avloppsrening (SFAR) med beskrivning av hur Henriksdals reningsverk ska byggas ut;
- Ledningsnät (SFAL) med beskrivning av hur ny tunnel ska drivas från Bromma reningsverk via det forna Eolshällsverket till Henriksdals reningsverk och Sicklaanläggningen.

I Figur 1-1 nedan visas schematiskt belastningsflödena år 2040 för Henriksdals reningsverk.



Figur 1-1: Schematisk bild av belastningsflöden till Henriksdals reningsverk 2040.

Hur överledningen av avloppsvattnet till Henriksdals reningsverk ska ske i framtiden från Bromma reningsverk och Eolshälls upptagningsområde utreds och beskrivs i huvudprojektet Ledningsnät (SFAL).

Föreliggande principförslag avser huvudprojekt Avloppsrening (SFAR) och beskriver hur Henriksdals reningsverk ska byggas ut.

1.3 Genomförda förstudier

Principförslaget bygger på de förstudier som genomförts under hösten 2013 och som slutligt redovisats under januari och februari 2014:

1. SFAR - Henriksdal vattenrening;
2. SFAR – Henriksdal MBR;
3. SFAR - Sicklaanläggningen;

4. SFAR - Slam och gas;
5. SFAR - El och automation;
6. SFAR – VVS.

Arbetet med förstudierna har genomförts av externa konsulter i samarbete med Stockholm Vattens organisation och delprojektledare och representeras av Sweco, Ramböll, K-Konsult och Grontmij. I förstudierna utreddes olika alternativ avseende anläggningsutformning och i de flesta fallen rekommenderades ett slutligt alternativ att gå vidare med. För några anläggningsdelar togs dock aldrig något beslut om slutlig utformning men det arbetet initierades i början av 2014 och har inkluderats successivt under arbetet med detta slutliga principförslag.

De genomförda förstudierna presenteras i Tabell 1-1.

Tabell 1-1: Presentation av genomförda förstudier

Förstudie	Rapportnamn	Ansvarig konsult	Rapportdatum
Henriksdal vattenrening	Stockholms framtida avloppsrening – Henriksdal vattenrening, Henriksdal 2040. (Rapport + 16 bilagor)	Sweco Environment AB	2014-01-20
Henriksdal MBR	Henriksdals avloppsreningsverk, Membran för behandling av avloppsvattnet i huvudlinjen. (Rapport + 10 bilagor)	Grontmij	2014-02-06
Sicklaanläggningen	Stockholms framtida avloppsrening, Sicklaanläggningen (SFAR-SA). (Rapport + 14 bilagor)	Ramböll EVT	2014-02-03

Förstudie	Rapportnamn	Ansvarig konsult	Rapportdatum
Slam och gas	Underlag för fortsatt arbete med framtagande av principförslag för Stockholms framtida avloppsrening, Henriksdals reningsverk, Slam & gas. (Rapport + 7 bilagor)	Ramböll	2014-01-30
El och automation	Förstudie Henriksdals ARV och Sicklaanläggningen, Förstudie inför utbyggnad av Henriksdal ARV, utbyggnad av Sickla slambehandling och gashantering. (Rapport + 18 bilagor)	Ramböll	2014-01-21
VVS	Stockholms framtida avloppsrening, SFAR, Förstudie VVS. (Rapport + 8 bilagor)	K-Konsult Arbetsmiljö VVS AB	2014-03-07

För samtliga ovan redovisade förstudier gäller att delar av rapporterna har vidareutvecklats, uppdaterats eller kompletterats efter nya direktiv från Stockholm Vatten (SVAB). Dessa uppdateringar eller kompletteringar har dock inte arbetats in i respektive förstudie utan har redovisats i särskilda rapporter för användning vid utarbetandet av detta principförslag. Tillsammans med de 6 ursprungliga förstudierna, som presenterats i Tabell 1-1, utgör dessa kompletteringar viktiga underlag, som kan rekommenderas för läsning för bättre förståelse av val och beslut vid färdigställandet av principförslaget. Dessa kompletterande dokument presenteras nedan i Tabell 1-2.

Tabell 1-2: Kompletterande dokument till genomförda förstudier

Kompletterande dokument	Dokumentnamn	Ansvarig konsult	Rapportdatum
Henriksdal vattenrening	Uppdatering av inlopp, grovrening, samt finsilar i biosteget + hydraulisk profil från tidigare rapport, ÄTA 5 (Rapport + 4 bilagor).	Sweco Environment AB	2014-05-21
	Henriksdals utlopp, utredning	EVT KFS WSP	2014-07-01
Sicklaanläggningen	Process- och anläggningsdata	Ramböll	2014-04-10
	Rapport uppdatering av layouter		2014-04-30
	Uppdaterade ritningar för Sicklaanläggningen		2014-04-24
	Justerad investeringskalkyl		2014-04-22
	Kompletterande utredning och uppdaterade layouter för 2 pumpstationer i Sickla.	EVT	2014-05-12
	Hydraulisk kapacitet i Sicklatunnlarna + utloppstuber.		2014-05-12
Slam och gas	Uppdatering av	Ramböll	2014-05-12

Kompletterande dokument	Dokumentnamn	Ansvarig konsult	Rapportdatum
	tidigare rapport. (Rapport + 4 bilagor)		
El och automation	Principförslag kraftförsörjning inom projekt SFAR	ÅF	2014-04-30
	Principförslag automation inom projekt SFAR		2014-04-28
VVS	Komplettering av tidigare rapport (Rapport + 4 bilagor)	K-Konsult Arbetsmiljö VVS AB	2014-05-14

2 Förutsättningar

2.1 Dimensionerande förutsättningar

Inför starten med arbetet med de ovan beskrivna förstudierna sammanställde Stockholm Vatten ett utförligt dokumentunderlag med dimensionerande förutsättningar: *"Stockholms Framtida Avloppsrening - Förutsättningar för Henriksdals reningsverk"*, daterat 2014-07-22. Dokument finns i denna rapport som Bilaga 1.

I detta dokument redovisades, förutom en kort bakgrundsbeskrivning av projektet, förväntade reningskrav, befolkningsprognos samt flöden och belastningar i ett tidsperspektiv fram till år 2040. Dokumentet angav dessutom särskilda anläggningstekniska förutsättningar som grund för arbetet med de olika förstudierna.

De angivna belastningsförutsättningarna har under arbetet med förstudierna successivt kompletterats och förfinats av involverade konsultgrupper under processdimensioneringen avseende biosteget (Sweco) och slambehandlingen (Ramböll) och finns slutligt redovisat i respektive förstudie och kompletterande dokument i enlighet med Tabell 1-1 och Tabell 1-2.

Nedan redovisas kortfattat reningskrav samt dimensionerande flöden, belastningar och temperatur.

2.2 Reningskrav

Sveriges åtagande enligt Baltic Sea Action Plan, BSAP och EUs vattendirektiv kommer med största sannolikhet att resultera i skärpta reningskrav, främst med avseende på kväve och fosfor för reningsverken. Stockholm Vatten har haft inledande samtal med länsstyrelsen i Stockholms län och då fått bekräftat att så är fallet. Förväntade krav presenteras nedan i Tabell 2-1.

Tabell 2-1: Förväntade framtida reningskrav för Henriksdals reningsverk

Parameter	Enhet	Förväntade reningskrav	Dagens reningskrav
BOD₇	mg/l	6	8
Tot-N	mg/l	6	10
NH₄-N	mg/l	2	3
Tot-P	mg/l	0,2	0,3

De i tabellen angivna reningskraven är jämfört med motsvarande krav gällande idag mycket skarpa och hårda och medför i sin tur krav på förfinade processer och sofistikerad teknik för att klara de framtida reningskraven. Kraven ska gälla för reningsverket men även inkludera bräddningar från ledningsnätet med avseende på kväve och fosfor. För att uppnå detta måste dimensioneringen utföras mot Stockholm Vattens gällande produktionsmål, se Bilaga 1.

2.3 Flöden, belastningar och temperatur

2.3.1 Flöden

I Bilaga 1 redovisas utförligt hur flöden beräknats utifrån mätningar under ett antal år och genom bearbetning av dessa data i sk kvantilgrafer eller frekvensfunktionsgrafer för att erhålla framtida beräknade flöden.

För det dimensionerande flödet för bassänger och kanaler har utgångspunkten varit år 2012, som historiskt sett var ett år med höga flöden, ca 15 % högre än mot perioden 2006-2011. Anledning till detta var att skapa en säkerhetsmarginal mot ökad nederbörd. De dimensionerande flödena har sedan beräknats med utgångspunkt från år 2012 med ansatsen om ökat flöde från ökad anslutning, se Bilaga 1. Dimensionerande och maximala flöden redovisas i Tabell 2-2.

Tabell 2-2: Dimensionerande värden för Henriksdals reningsverk år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Anslutning	Antal personer	1 621 300
Qmedel	m ³ /s	5,8
Qdim (dimensionerande flöde)	m ³ /s	6,1
Qmaxdim (max till biologin)	m ³ /s	10
Qmax (max in i verket)	m ³ /s	19
Qmax (max Henriksdalsinloppet)	m ³ /s	8
Qmax (max Sicklainloppet)	m ³ /s	11
Flödesfördelning, Henriksdal (torrväder)	% av Qtot	30
Flödesfördelning, Sickla (torrväder)	% av Qtot	70
BOD₇	g/p,d	70
Tot-N	g/p,d	12
Tot-P	g/p,d	1,6
SS	g/p,d	90
Lägsta månadstemperatur	°C	10
Lägsta dygnstemperatur	°C	8

Figur 2-1 visar schematiskt fördelningen av det beräknade avloppsvattentillflödet under ett normalår in till och ut ifrån Henriksdals reningsverk år 2040, jämför Tabell 2-2. Observera att inga internströmmar är inkluderade i dessa flöden. Ett mer detaljerat blockschema över det hydrauliska flödet, inkluderande internströmmar, presenteras nedan, se avsnitt 3.5.1 .

ion Farsta- och Årstatunnlarna samt pumpstation Brommatunneln) och efter försedimenteringen i både Sickla- och Henriksdalsanläggningen. Eventuell nödräddning och annan räddning ska i framtiden mätas och registreras vid alla utsläppspunkter i reningsverket.

De två nybyggda pumpstationerna ska dimensioneras så att en 50% större avloppsvattenmängd än det beräknade maxflödet på $11 \text{ m}^3/\text{s}$ ska kunna pumpas upp till den nya anläggningen för rening i silgaller, sandfång och försedimentering, vilket innebär flödet $16,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vid höghöjdestillfällena i Brommatunneln, som på sträckan Eolshäll-Sickla i vissa sammanhang även benämns Söderortstunneln, kommer vattennivån tillåtas stiga över normalnivån i tunneln och avloppsvattnet dämmer därmed tillbaka uppåt i tunnelsystemet. Därvid minskar uppfordringshöjden och ett högre flöde kan tillfälligt erhållas. Maximalt ska flödet $9 \text{ m}^3/\text{s}$ kunna pumpas från Brommatunneln, se Figur 2-1.

För Farsta- och Årstatunnlarna är däremot möjligheten att dämna på samma sätt som i Brommatunneln mycket begränsad och här får man istället koppla in en tredje snäckpump utöver de två som normalt ska vara i drift för att tillfälligt kunna öka flödet med 50 % över beräknat maxflöde från 5 till $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$, se Figur 2-1.

Allt avloppsvatten, som pumpas upp i de båda pumpstationerna i Sicklaanläggningen, alltså maximalt $9,0 + 7,5 = 16,5 \text{ m}^3/\text{s}$, kommer att behandlas i silgallren i den nya reningsanläggningen. Därefter kommer den del av avloppsvattenflödet, som överstiger $11 \text{ m}^3/\text{s}$, att avledas till Östbergatunneln och ut genom ordinarie utlopp. Maximalt $11 \text{ m}^3/\text{s}$ kommer att behandlas i sandfång och försedimentering med kemisk fällning innan det med självfall rinner till Henriksdalsanläggningen och blandas med maximalt $8 \text{ m}^3/\text{s}$ grovrenat, försedimenterat och kemiskt renat avloppsvatten i Henriksdalsanläggningen. Av dessa maximala $19 \text{ m}^3/\text{s}$ kommer maximalt $10 \text{ m}^3/\text{s}$ att ledas till det biologiska reningssteget och den resterande mängden (maximalt $9 \text{ m}^3/\text{s}$) till befintlig sandfilteranläggning.

Som framgår av Figur 2-1 förväntas under ett normalår efter utbyggnaden ingen nödräddning ske till Östbergatunneln från Farsta- och Årstatunnlarna samt Brommatunneln. Inte heller förväntas någon nödräddning ske efter försedimenteringen i Sickla- och Henriksdalsanläggningen.

Allt avloppsvatten, som kommer in till Sickla- och Henriksdalsanläggningarna kommer att renas på något sätt. $179,12 \text{ Mm}^3$ (97,75 % av totalflödet) kommer årligen att behandlas fullständigt genom mekanisk, kemisk och biologisk rening medan flöden, som överstiger $10 \text{ m}^3/\text{s}$ kommer att upp till $9 \text{ m}^3/\text{s}$ behandlas genom mekanisk och kemisk rening med efterföljande filtrering i sandfilter. Denna mängd har beräknats att under normala förhållanden uppgå till $4,05 \text{ Mm}^3/\text{år}$ (2,20 % av totalflödet). En ytterst liten mängd avloppsvatten, ca $0,09 \text{ Mm}^3/\text{år}$ (0,05 % av totalflödet), som dock passerat silgallren kommer vid höga flöden att maximalt behöva avledas till Östbergatunneln, se Figur 2-1. Det ska dock poängteras att den i Figur

2-1 redovisade bräddmängden till Östbergatunneln på 0,09 Mm³/år är maximal mängd, som genereras om ingen dämning tillåts ske i tunneln. Vid dämning minskar bräddvattenmängden till Östbergatunneln. Förklaringar till dessa beräknade flöden finns i Bilaga 1.

2.3.2 Belastningar

Baserat på uppmätta värden på inkommande föroreningar till Bromma och Henriksdals reningsverk redovisade i miljörapporter för åren 2006-2012 har den specifika belastningen, uttryckt som g/p,d, tagits fram som underlag till dimensioneringen. Dessa värden diskuteras i Stockholm Vattens dimensioneringsdokument och redovisas ovan i Tabell 2-2.

Tillsammans med de framtagna befolkningsprognoserna har dimensionerande belastningar av BOD₇, Tot-N, Tot-P och SS slutligen beräknats utifrån dessa specifika belastningar.

2.3.3 Temperatur

Temperaturen i inkommande avloppsvatten till Bromma och Henriksdals reningsverk registreras kontinuerligt sedan lång tid tillbaka. För avloppsvattnet till Bromma har temperaturen överlag varit ca 2 °C lägre än för det avloppsvatten, som kommit till Henriksdals reningsverk.

Beräkningen av dimensionerande temperaturer för Henriksdals reningsverk i framtiden redovisas i Stockholm Vattens dimensioneringsdokument utifrån temperaturer mätta under åren 2006-2013. Dessa dimensionerande temperaturer framgår också av Tabell 2-2.

2.4 Arbeten som kan starta efter lämnat tillstånd i anmälningsärendet

Henriksdal har under de senaste åren haft svårigheter att klara sina villkor. Både fosfor och BOD₇ har överskridits vid några tillfällen. Anläggningen saknar också nödvändig redundans för kraftförsörjningen. Slamhanteringen på Henriksdal är i stort behov av uppgradering. Kapaciteten på avvattningen är för liten och anläggningen för borttransport av slam är placerad så att transporter går på lokalgator.

För att säkerställa driften av Henriksdal på kort sikt och för att klara gällande villkor har Stockholm Vatten anmält sin avsikt att inom gällande tillstånd genomföra åtgärder som förbättrar anläggningen, minskar påverkan på miljön och som ger goda förutsättningar för genomförandet av den kommande utbyggnaden. Detta har man gjort genom en anmälan till miljöförvaltningen i Stockholms Stad. Den 24 november 2014 fick man ansökan beviljad. Följande åtgärder anmälades :

-
- Åtgärder för att öka kapaciteten i den biologiska reningen
 - Åtgärder för säkerställande av kraftförsörjning
 - Åtgärder för förbättrad slamhantering
 - Åtgärder för förbättrad arbetsmiljö och reduktion av lukt
 - Åtgärder för förbättrad gashantering

3 Teknisk beskrivning av reningsverket efter utbyggnad

3.1 Henriksdals reningsverk idag

Henriksdals reningsverk är beläget öster om Stockholms innerstad vid Danvikstull och Hammarby sjöstad och är förlagt i berg. Reningsverket tar emot avloppsvatten från ca 780 000 personer från centrala och södra Stockholm samt kommunerna Nacka, Tyresö, Haninge och Huddinge. Det byggdes 1941 och har sedan dess byggts ut i flera steg för att anpassas till nya reningskrav och en växande befolkningensmängd.

Idag utgörs reningsverket av mekanisk rening, kemisk rening med järnsulfat, biologisk rening med aktiv slam samt slutpolering i nedströms sand/skifferfilter. Överskottsslammet förtjockas och samrötas med primärslam före avvattning. Mottagning för fett och externslam finns på anläggningen.

Verket består av två anläggningar; Sicklaanläggningen och Henriksdalsanläggningen.

I Sicklaanläggningen renas idag avloppsvattnet i galler och sandfång innan det rinner med självfall till Henriksdalsanläggningen där det blandas med avloppsvatten från de centrala delarna av Stockholm och Nacka. Dessutom finns idag i Sickla en avvattnings- och utlastningsanläggning för det rötade slammet.

I Henriksdalsanläggningen finns motsvarande rening i galler och sandfång innan vattnet blandas med avloppsvattnet från Sickla för försedimentering, biologisk rening och filtrering innan det släpps ut i Stockholms hamnbassäng utanför Valdemarsudde. Dessutom finns det mesta av slamhanteringen i Henriksdal bortsett från slutavvattning och utlastning av rötslammet, som alltså sker i Sickla.

Hur dessa två anläggningar ska byggas ut för att klara en ökad framtida belastning och förväntade skärpta reningskrav år 2040 efter överledning av avloppsvatten från upptagningsområdet för Bromma reningsverk och det forna Eolshällsverket beskrivs detaljerat nedan.

3.2 Mekanisk och kemisk rening - Sicklaanläggningen

3.2.1 Flöden- och belastningsdata för Sicklaanläggningen

Dimensionerande flöden- och belastningsdata för Sicklaanläggningen framgår av Tabell 3-1. Dessa data är hämtade från avsnitt 2.3 ovan och Bilaga 1.

Tabell 3-1: Dimensionerande flöden- och belastningsdata för Sicklaanläggningen år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Anslutning, Sicklainloppet	Antal personer	1 126 800
Qmedel, Sicklainloppet	m ³ /s	4,1
Qdim, Sicklainloppet	m ³ /s	4,3
Qmax, Sicklainloppet	m ³ /s	11
BOD ₇	g/p,d	70
Tot-N	g/p,d	12
Tot-P	g/p,d	1,6
SS	g/p,d	90
Lägsta månadstemperatur	°C	10
Lägsta dygnstemperatur	°C	8

3.2.2 Inlopp och inloppspumpstationer

Avloppsvatten kommer efter planerad utbyggnad att nå Sicklaanläggningen via tre tunnlar, se Figur 2-1. Dessa tunnlar är:

1. Den nybyggda Brommatunneln med avloppsvatten från de nedlagda Bromma- och Eolshällsverken;
2. Den befintliga Farstatunneln med avloppsvatten från de södra förorter-
na samt grannkommunerna Haninge och Tyresö; och
3. Den befintliga Årstatunneln med avloppsvatten från de sydvästra föror-
terna samt grannkommunen Huddinge.

Avloppsvattnet från Brommatunneln kommer att pumpas via en ny pumpstation från nivån -43,7 m upp till en ny anläggning på nivån +7 m, se Bilaga B1 Till denna nya anläggning kommer också avloppsvattnet från Farsta- och Årstatunnlarna att pumpas via ännu en ny pumpstation belägen på nivån +0,5 m. Data avseende de båda pumpstationerna presenteras i Tabell 3-2 och Tabell 3-3.

Tabell 3-2: Data för pumpstation Brommatunneln

Parameter	Enhet	Värde
Antal pumpar, totalt	st	8
Antal pumpar, redundans	st	3
Kapacitet per pump vid normalnivå, (-43,7 m)	m ³ /s	0,86
Total kapacitet vid normalnivå och 7 pumpar	m ³ /s	6
Kapacitet per pump vid optimal driftpunkt, (-34,2 m)	m ³ /s	1,25
Total kapacitet vid optimal driftpunkt och 7 pumpar	m ³ /s	8,75

Data i Tabell 3-2 avser det utformningsförslag, som föreligger idag. Antal pumpar och kapacitet kommer att ses över under arbetet med nästa fas i projekteringen.

Tabell 3-3: Data för pumpstation Farsta- och Årstatunnlarna

Parameter	Enhet	Värde
Antal pumpar, totalt	st	3
Antal pumpar, redundans	st	1
Kapacitet per pump vid nivån +0,5 m	m ³ /s	2,5
Total kapacitet vid nivån +0,5 m	m ³ /s	7,5

Som angivits ovan i avsnitt 2.3.1 kommer vattennivån att stiga i Brommatunneln på grund av dämning vid höglödestillfällen varvid uppfordringshöjden för pumparna minskar och flödet ökar, se Tabell 3-2. Motsvarande möjligheter att dämna i Farsta- och Årstatunnlarna är begränsade och för att hantera ett höglödestillfälle kopplas istället tillfälligt den tredje pumpen in i denna pumpstation.

Maximalt avloppsvattenflöde, som kommer att behandlas i den nya anläggningen för silgaller, sandfång och försedimentering i Sicklaanläggningen efter utbyggnaden är 11 m³/s, se Tabell 3-1. Utöver dessa 11 m³/s kommer dock vid höglödestillfällena ytterligare upp till 5,5 m³/s att behandlas i silgallren före avledning till Östbergatunneln och transport ut i ordinarie utlopp, se Figur 2-1. Dimensionerande avloppsvattenflöde, Q_{dim}, och medelavloppsflöde, Q_{medel}, har beräknats till 4,3 respektive 4,1 m³/s för Sicklaanläggningen, se Tabell 3-1.

Inloppspumpstationen för avloppsvatten från **Brommatunneln** utformas med 8 stycken torrt uppställda, dränkbara centrifugalpumpar varav 7 stycken används under ordinarie drift och 3 stycken står i reserv. Kapaciteten för var och en av pumparna, som kommer att varvtalregleras med frekvensomvandlare, är 860 l/s vid normalnivå i tunneln (-43,7), vilket ger ett totalt flöde på 6 m³/s.

Vid höglöden dämmer nivån i tunneln och pumparna kan istället ge ett totalt flöde på 9 m³/s med 7 pumpar i drift. Via tryckledningar från pumparna leds avloppsvattnet med självfall vidare till den nya reningsanläggningen.

Inloppspumpstationen för avloppsvattnet från **Farsta- och Årstatunnlarna** är dimensionerad för 5 m³/s och förses med 3 stycken snäckpumpar varav 2 stycken används under normal drift och en står i reserv. Kapaciteten för var och en av pumparna är 2,5 m³/s. Vid höglöden kan samtliga tre pumpar köras vilket ger ett totalt flöde på 7,5 m³/s.

Dräneringsvattenmängder härrörande från läckage i berget kommer att hanteras lokalt. I det övre planet av Sicklaanläggningen med silgaller, sandfång och försedimentering avleds vattnet till försedimenteringsbassängerna, varifrån det förs vidare i reningsprocessen och ut genom utloppstuber till Saltsjön. Dräneringsvattnet, som sökt sig till det undre planet där Brommatunneln ansluter, kommer att samlas upp i en pumpgrop och pumpas vidare till den nya pumpstationen på samma nivå eller till det övre planet och där blandas med avloppsvattnet för vidare

transport ut i Saltsjön. Dräneringsvattenpumparna har ännu inte projekterats. Det kommer att ske i samband med detaljprojekteringen.

3.2.3 Förbildning av avloppsvatten vid haveri och höglöden

I ett utrymme före pumpsumpen i **Brommatunneln** anordnas ett bräddschakt, en tunnel och ett skibord anslutande till befintlig dagvattentunnel, Östbergatunneln. Vid ett driftavbrott i pumpstationen stiger vattnet i Brommatunneln för att ledas ut genom bräddschaktet via den befintliga dagvattentunneln ut i Saltsjön i ordinarie utlopp.

Vid ett driftavbrott i pumpstationen för avloppsvattnet från **Farsta- och Årstatunn-larna** stiger vattnet i Farstatunneln för att brädda via befintligt bräddskibord i Sicklaanläggningen till den befintliga dagvattentunneln,

Vid höglöden kommer dessutom upp till 5,5 m³/s utöver de 11 m³/s, som kommer att behandlas fullständigt i den nybyggda anläggningen, att behandlas i silgallren före utsläpp i Östbergatunneln, se Figur 2-1.

3.2.4 Silgaller

Efter flödesmätning och provtagning vidtar reningen och första behandlingssteg är silgaller. Hållplåtsilar har valts i detta fall framför galler då dessa bedömts ge en bättre avskiljning av rens.

Alla kanaler uppströms och nedströms silarna är försedda med grovblåst luftsystem för att förhindra sedimentering och framför och bakom varje sil finns luckor för torrläggning vid underhåll och reparation.

För drift av silarna kommer tillgång till processvatten att finnas. Punktutsug kommer att installeras runt varje sil för transport av frånluften till luktbehandling.

Data avseende hållplåtsilarna redovisas i Tabell 3-4.

Tabell 3-4: Dimensionerande data för hållplåtsilar och rensmängder år 2040

Parameter		Enhet	Värde
Antal hållplåtssilar, totalt		st	18
Antal hållplåtssilar, redundans		st	8
Hålldiameter		mm	6
Kapacitet per enhet		m ³ /s,st	1,1
Total kapacitet		m ³ /s	19,8
Pressat rens	Specifik mängd	kg TS/pe,år	0,8 ^{1), 2)}
	TS-halt	%	40
	Densitet	kg/m ³	1100
	Mängd, medel	kg TS/d	2470
	Mängd, medel	kg/d	6170
	Volym, medel	m ³ /d	5,6
	Volym, medel	m ³ /h	0,23
	Mängd, max	kg/h	3750

Parameter	Enhet	Värde
Volym, max	m ³ /h	3,4
Dim. maxmängd	kg/d	18300
Dim. maxvolym	m ³ /d	16,6
Vått rens	Specifik mängd	kg TS/pe,år
	TS-halt	%
	Densitet	kg/m ³
	Mängd, medel	kg TS/d
	Mängd, medel	kg/d
	Volym, medel	m ³ /d
	Volym, medel	m ³ /h
	Mängd, max	kg/h
	Volym, max	m ³ /h
	Dim. maxmängd	kg/d
	Dim. maxvolym	m ³ /d

¹⁾specifik TS-mängd i fingaller vid Henriksdalsanläggningen år 2010 enligt SVAB

²⁾ 50% högre avskiljning antagen i hålplåtsilar än konventionella fingaller

3.2.5 Renstvättpressar

Avskilt rens transporteras i en tvättränna till renstvättpressar innan det lagras i täckta containrar för vidare transport ut ur Sicklaanläggningen. De täckta containrarna är försedda med separata frånluftsystem med punktutsug och transport av frånluften till luftbekämpning.

Tvättvattnet, som utgörs av avloppsvatten taget strax efter hålplåtsilarna, återförs till vattenreningen före nästkommande behandlingssteg.

Data avseende renstvättpressar redovisas i Tabell 3-5.

Tabell 3-5: Dimensionerande data för renstvättpressar år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Antal renstvättpressar, totalt	st	3
Antal renstvättpressar, redundans	st	1
Total kapacitet	m ³ /h	18
Antal containrar	st	6

Varje renstvättpress har dimensionerats för en hydraulisk kapacitet på 6 m³/h med fullgod tvätt- och pressförmåga. Under normala förhållanden kommer två renspressvättar att vara i drift och en finnas i reserv. Vid maximal rensproduktion kommer dock även den tredje renstvättpressen att behövas för att uppnå fullgod tvätt- och pressförmåga, se Tabell 3-4.

För att klara en långhelg med maximal rensproduktion behövs minst 6 containrar med kapaciteten 11 ton vardera enligt Tabell 3-4.

3.2.6 Luftade sandfång

Avskiljning av sand kommer att ske i luftade sandfång. Avskild sand pumpas ur sandfången till en gemensam pumpsump för att därifrån pumpas till sandtvätt. Sandfången är täckta och är försedda med separata frånluftssystem med punktut-sug och transport av frånluften till luktbekämpning.

Data avseende luftade sandfång redovisas i Tabell 3-6.

Tabell 3-6: Dimensionerande data för luftade sandfång och sandmängder år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Erforderlig volym, totalt	m ³	3400
Uppehållstid vid Q_{dim}	min	13
Uppehållstid vid Q_{max}	min	5
Djup	m	5
Yta, total	m ²	680
Antal sandfång	st	6
Bredd	m	3,8
Ytbelastning vid Q_{dim}	m/h	23
Ytbelastning vid Q_{max}	m/h	58
Avvattnad och tvättad sand	Specifik mängd	kg/pe,år
	Mängd, medel	ton/år
		kg/d
	Specifik vikt	kg/m ³
	Volym, medel	m ³ /d
	Volym, medel	l/h
	Volym, medel	l/s
	Mängd, maxmån	kg/d
	Mängd, maxtim	kg/h
	Volym, maxtim	m ³ /h
	Volym, maxtim	l/s
	Dim. maxmängd	kg/d
	Dim. maxvolym	m ³ /d

¹⁾ specifik sandmängd i sandfången vid Sicklaanläggningen år 2010 enligt SVAB

3.2.7 Sandtvätt

Avskild sand från sandfången pumpas till sandtvätt, och efterföljande avvattning innan den lagras i containrar. Dessa är täckta och försedda med separat frånluftssystem med punktut-sug och transport av frånluften till luktbekämpning.

Tvättvattnet pumpas tillbaka till vattenreningen nedströms sandfången.

Data avseende sandtvätten redovisas i Tabell 3-7.

Tabell 3-7: Dimensionerande data för sandtvätt år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Antal tvättar/avvattnare, totalt	st	3
Antal tvättar/avvattnare, redundans	st	1
Total kapacitet	l/s	75
Antal containrar	st	3

Sandtvättarnas kapacitet uppgår till 25 l/s för vardera enheten, vilket innebär att full redundans erhålls gott och väl vid såväl normal- som maxbelastning, se Tabell 3-6.

För att klara en långhelg med maximal sandproduktion behövs 3 containrar med kapaciteten 11 ton vardera enligt Tabell 3-6.

3.2.8 Försedimentering och kemisk fällning

Ett kritiskt moment vid kemisk fällning är att erhålla en god flock. För detta krävs en lugn vattenmiljö där partiklarna har en möjlighet att bilda flockar.

För den nya anläggningen i Sickla föreslås att flockningen sker genom flockning i en slutflockningsbassäng.

Flockning i slutflockningsbassänger

För optimal flockning måste ett lugnare parti finnas före försedimenteringen. För att åstadkomma detta anläggs en slutflockningsbassäng i direkt anslutning till varje försedimenteringsbassäng. Flockningen i slutflockningsbassängerna utrustas med omrörare. Data om slutflockningen framgår av Tabell 3-8.

Tabell 3-8: Dimensionerande data för slutflockningen år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Antal slutflockningsbassänger	st	10
Bredd	m	16
Djup	m	4
Längd	m	6,1
Volym per bassäng	m ³	390
Uppehållstid vid $Q_{\max}$	min	5,9

Försedimentering

Försedimenteringssteget kommer att bestå av 10 bassängblock med vardera 16 meters bredd. Varje bassängblock har tre slamfickor försedda med omrörare. Från slamfickorna pumpas primärslam till en gemensam samlingsvolym, innan det pumpas till Henriksdalsanläggningen.

Dimensionerande data för den nya försedimenteringsanläggningen framgår av Tabell 3-9.

Tabell 3-9: Dimensionerande data för försedimenteringsanläggningen i Sickla år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Antal försedimenteringsbassänger	st	10
Area, totalt	m ²	10 400
Area per bassäng	m ²	1040
Djup	m	4
Bredd	m	16
Längd	m	65
Volym, totalt	m ³	41 600
Volym per bassäng	m ³	4 160
Ytbelastning vid Q_{dim}, 1 bassäng avställd	m/h	1,7
Ytbelastning vid Q_{max}, 1 bassäng avställd	m/h	4,2
Ytbelastning vid Q_{dim}, totalt	m/h	1,5
Ytbelastning vid Q_{max}, totalt	m/h	3,8
Uppehållstid vid Q_{dim}	h	2,7
Uppehållstid vid Q_{max}	h	1,0

Vid behov går det att leda avloppsvattnet förbi försedimenteringssteget. Vattnet kommer då att gå direkt från sandfången via fördelningskanalen till utloppstuberna från Sicklaanläggningen och vidare till Henrikdalsanläggningen.

Fällningsstrategi

Enligt förutsättningarna ska fällningssteget drivas som *förfällning* med järnsulfat under normaldrift. En avskiljning motsvarande 60 % av inkommande SS ska uppnås. Idag doseras vid Henrikdalsanläggningen ca 10-12 g Fe²⁺/m³ avloppsvatten i det luftade sandfången varvid avskiljningsgraden uppgår till kravnivån 60 % av inkommande SS.

Föreslagen strategi är att förfälla med järnsulfat så länge det totala flödet <10 m³/s. När flödet >10 m³/s startar högflödesbehandlingen i sandfiltren av det avloppsvatten, som inte leds till det biologiska reningssteget, och samtidigt ska växling ske av fällningen över till *direktfällning* med järnklorid (Fe³⁺) och polymer.

Enligt kvantilgrafen över beräknat avloppsvattenflöde år 2040 i SVABs förutsättningsdokument, se Bilaga 1, kommer totalflödet att ligga under 10 m³/s under 95 % av tiden, vilket innebär att direktfällning kommer att tillämpas endast under 5 % av tiden eller ca 440 timmar/år.

Förfällning med järnsulfat vid normaldrift

Normaldrift för Sicklaanläggningen med järnsulfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) beräknas enligt ovan ske under 95 % av tiden baserat på flödeskvanthöjningen i SVABs förutsättningsdokument, se avsnitt 3.2.1.

En mottagningsstation och beredningstank för järnsulfaten kommer enligt föreliggande förslag att uppföras i Sicklaanläggningen. För beredning av järnsulfat kommer brutet vatten att användas då tillgång till renat avloppsvatten inte finns vid Sicklaanläggningen.

Data avseende förfällning med järnsulfat vid normaldrift framgår av Tabell 3-10.

Tabell 3-10: Dimensionerande data för förfällning med järnsulfat under normaldrift år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Medeldos, Fe^{2+}	$\text{g Fe}^{2+}/\text{m}^3$	12
Qmedel, Sicklainloppet	m^3/s	4,1
Mängd, Fe^{2+}	kg/d	4250
Koncentration av Fe^{2+} i järnsulfat	%	17,8
Mängd, järnsulfat	ton/d	23,9

Mottagning och upplösning av järnsulfat i Sicklaanläggningen kommer att utredas vidare under det fortsatta projekteringsarbetet. Ett alternativ till mottagning och upplösning i Sicklaanläggningen är att använda järnsulfatlösning, mottagen och upplöst i befintlig anläggning vid Henriksdalsanläggningen, och pumpa denna till Sicklaanläggningen där en dagtank installeras.

Direktförfällning med järnklorid och polymer vid högflödesdrift

När flödet till Henriksdalsverket överstiger $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ska enligt ovan en övergång ske till direktfällning med Fe^{3+} och polymertillsats. Enligt Tabell 2-2 kan flödet då förväntas uppgå till ca $7 \text{ m}^3/\text{s}$ i Sicklainloppet men den relativa fördelningen kan variera så styrningen måste baseras på det totala inflödet i de båda inloppen. Direktfällning beräknas pågå under ca 5 % av drifttiden, se ovan.

En mottagningsstation för järnkloriden kommer att uppföras i Sicklaanläggningen liksom en mottagningsstation, beredningstank och lagringstank för polymer.

Järnkloriden är mycket korrosiv. Förvaringstankar och ledningar ska vara utförade i plastmaterial som glasfiberarmerad polyester, polyeten eller polypropylen. I närheten av doseringspunkten måste exponering av andra material minimeras. Frånluften från järnkloridtankarna måste hanteras varsamt då den leds ut ur berganläggningen. Även denna luft är mycket korrosiv.

Järnkloriden kommer att kombineras med en anjonisk polymer. Det är mycket viktigt att denna polymer är anpassad till det efterföljande membransystemet i Hen-

riksdalsanläggningen. Krav gällande eventuell användning av polymer finns ställda av membranleverantörerna.

Liksom vid dosering av järnsulfat är det mycket viktigt med en turbulent miljö för dosering av järnkloriden.

Data avseende direktfällning med järnklorid och polymer framgår av Tabell 3-11.

Tabell 3-11: Dimensionerande data för direktfällning med järnklorid och polymer år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Järnklorid (FeCl_3)		
Medeldos, Fe^{3+}	$\text{g Fe}^{3+}/\text{m}^3$	17
Koncentration av Fe^{3+} i järnklorid	%	14
Mängd, järnklorid vid flödet 7 m^3/s	ton/d	73
Mängd, järnklorid vid flödet 11 m^3/s	ton/d	115
Anjonisk polymer		
Dos	g/m^3	0,3
Polymermängd vid 7 m^3/s	kg/d	181
Polymermängd vid 11 m^3/s	kg/d	285

3.2.9 Flyt slamhantering

Försedimenteringsbassängerna ska vidare vara försedda med flyt slamskrapor och flyt slamavdrag. Flyt slammet leds antingen med primärslammet till Henriksdalsanläggningen eller tillbaka till inloppet i Sicklaanläggningen. Principen ska vara att ta ut flyt slammet ur processen så fort som möjligt och inte tillåta det cirkulera runt i olika behandlingssteg. Flyt slamhanteringen kommer att utredas i detalj under systemhandlingsskedet.

3.2.10 Överledning till Henriksdalsanläggningen

Avloppsvattnet rinner efter grovrening, kemisk fällning och försedimentering i Sicklaanläggningen med självfall till Henriksdalsanläggningen via två befintliga tunnlar.

3.3 Mekanisk och kemisk rening – Henriksdalsanläggningen

3.3.1 Flöden och belastningsdata för Henriksdalsanläggningen

Dimensionerande flöden- och belastningsdata för Henriksdalsanläggningen framgår av Tabell 3-12. Dessa data är hämtade från avsnitt 2.3 ovan och Bilaga 1.

Tabell 3-12: Dimensionerande flöden- och belastningsdata för Henriksdalsanläggningen år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Anslutning, Henriksdalsinloppet	Antal personer	494 500
Qmedel, Henriksdalsinloppet	m ³ /s	1,7
Qdim, Henriksdalsinloppet	m ³ /s	1,8
Qmax, Henriksdalsinloppet	m ³ /s	8
BOD₇	g/p,d	70
Tot-N	g/p,d	12
Tot-P	g/p,d	1,6
SS	g/p,d	90
Lägsta månadstemperatur	°C	10
Lägsta dygnstemperatur	°C	8

3.3.2 Inlopp

Avloppsvatten kommer i framtiden att, på samma sätt som idag, nå Henriksdalsanläggningen via två tunnlar:

1. Danvikstunnlarna med avloppsvatten från de centrala delarna av Stockholm;
2. Nackatunneln med avloppsvatten från grannkommunen Nacka och det nedlagda Louddenverket;

Avloppsvattnet i de två tunnlarne rinner med självfall in i Henriksdalsinloppet efter erforderlig pumpning ute på ledningsnätet. Avloppsvattnet från de centrala delarna av Stockholm pumpas via Danvikens pumpstation och avloppsvattnet från Östermalm pumpas via pumpstation Loudden. Avloppsvattnet från Nacka pumpas via pumpstationer i Nacka kommuns ledningsnät.

Inloppskanalerna anslutna till Danvikstunneln och Nackatunneln måste åtgärdas för att det maximala tillflödet ska kunna öka från 6 till 8 m³/s, som är det beräknade maximala avloppsvattenflödet, $Q_{\max}$, in i Henriksdalsanläggningen år 2040. Dimensionerande avloppsvattenflöde, $Q_{\dim}$, har beräknats till 1,8 m³/s, se Tabell 3-12.

Vid $Q_{\max}$ behöver nivåerna i kanalerna höjas med ca 30 cm enligt den genomförda hydrauliska beräkningen. Den höjda hydrauliska nivån medför att ett nytt bjälklag måste byggas över inloppskanalen. Genomförandet av rivning och uppbyggnad görs etappvis under drift där väggarna i kanalen höjs och ett nytt bjälklag gjuts.

Framtida layout för Henriksdalsanläggningen framgår av Bilaga B 2.

3.3.3 Nödbräddning av avloppsvatten

I händelse av problem i Henriksdalsanläggningen kan nödbräddning komma att ske av inkommande flöde via befintligt bräddavlopp (Station 15) direkt ut i Saltsjön. Bräddavloppet är installerat i inloppskanalen och regleras via bräddluckor.

Vid $Q_{\max}$ kommer nivån i kanalen före luckorna att höjas med ca 30 cm enligt ovan. Höjningen medför att bräddluckorna, som de ser ut idag måste höjas. Även nivån för befintligt sidoskibord måste höjas.

Styrningen av luckorna sker på en högsta nivå i kanalen före luckor och denna styrning föreslås behållas men med nya högre nivåer. För att lättare reglera utflödet bör luckorna öppnas en i taget med olika styrning. Dagens styrning måste klarläggas ytterligare.

3.3.4 Silgaller

Befintlig anläggning med silgaller behålls i framtiden. Den befintliga anläggningen består av 6 galler vardera med den hydrauliska kapaciteten 1,5 m³/s. Data gällande gallren och gallerrens för år 2040 redovisas i Tabell 3-13.

Tabell 3-13: Dimensionerande data för silgaller och rensmängder år 2040

Parameter		Enhet	Värde
Antal galler, totalt		st	6
Kapacitet per enhet		m ³ /s,st	1,5
Total kapacitet		m ³ /s	9
Redundans		%	13
Spaltvidd		mm	3
Pressat rens	Specifik mängd	kg TS/pe,år	0,5 ¹⁾
	TS-halt	%	40
	Densitet	kg/m ³	1100
	Mängd, medel	kg TS/d	680
	Mängd, medel	kg/d	1700
	Volym, medel	m ³ /d	1,5
	Volym, medel	m ³ /h	0,06
	Mängd, max	kg/h	1250
	Volym, max	m ³ /h	1,1
	Dim. maxmängd	kg/d	5480
	Dim. maxvolym	m ³ /d	5480/1100=5
Vått rens	Specifik mängd	kg TS/pe,år	0,5 ¹⁾
	TS-halt	%	10
	Densitet	kg/m ³	1000
	Mängd, medel	kg TS/d	680
	Mängd, medel	kg/d	6800
	Volym, medel	m ³ /d	6,8
	Volym, medel	m ³ /h	0,3
	Mängd, max	kg/h	5000
	Volym, max	m ³ /h	5

Parameter	Enhet	Värde
Dim. maxmängd	kg/d	21900
Dim. maxvolym	m ³ /d	21,9

¹⁾ specifik rensmängd i fingaller i Henriksdalsanläggningen år 2010 enligt SVAB

3.3.5 Renstvättpressar

Den befintliga anläggningen för dispergering av gallerrenset kommer att demonteras och ersätts med en ny renstvättanläggning med pressar, transportsystem och containrar för borttransport av rensen från Henriksdal.

Två kompletta renstvättpressar kommer att installeras på det nedre planet ungefär där rensmagasinet står idag. Renstvättpressarnas kapacitet uppgår till 6 m³/h vått rens vardera med fullgod tvätt- och pressfunktion, innebär att full redundans erhålls såväl vid normal- som maxbelastning, se Tabell 3-13.

För transport av rens från galler till renstvättpressar behålls befintligt system. Det tvättade och pressade rensen transporteras i två steg från renstvättpressen till 3 containrar som står uppställda där sandcontainrarna står idag. I det första steget används två parallella renspressrör och skruvar per linje och i det andra steget används fyra skruvar, två i serie per linje. Skruvarnas kapacitet är 24 m³/h. Längs med skruvarna anläggs gångbord/arbetsplatsformar för att underlätta åtkomligheten. Containrar förses med invändiga skruvtransportörer för jämn fördelning av rens.

Rejektvatten från renstvättpressen pumpas till kanal före gallren.

I det utrymme som skapas under bjälklaget kan blåsmaskiner för luftning av sandfång och kanaler placeras och byggas in för att skapa en bättre arbetsmiljö med mindre buller. I utrymmet placeras även eventuella pumpar för transport av finsilat rötslamrejekt till biosteget. Data om renstvättutrustningen presenteras i Tabell 3-14.

Tabell 3-14: Dimensionerande data för renstvättpressar år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Antal renstvättpressar, totalt	st	2
Antal renstvättpressar, redundans	st	1
Total kapacitet	m ³ /h	24
Antal containrar	st	3

För att klara en långhelg med maximal rensproduktion behövs minst 3 containrar med kapaciteten 11 ton vardera enligt Tabell 3-13.

3.3.6 Luftade sandfång

Även den befintliga anläggningen med sandfång kommer att behållas i framtiden. Den består av tre sandfång med mått och dimensioneringsuppgifter enligt

Tabell 3-15. Befintlig grovrening klarar att ta emot ett flöde om 8 m³/s dock med ökad belastning och minskad redundans på respektive anläggningsdel.

Tabell 3-15: Dimensionerande data för luftade sandfång och sandmängder år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Befintlig volym, totalt	m ³	1200
Uppehållstid vid Q _{dim}	min	11
Uppehållstid vid Q _{max}	min	2,5
Djup, medel	m	3,5
Yta, total	m ²	340
Antal sandfång	st	3
Bredd	m	4,8
Ytbelastning vid Q _{dim}	m/h	19
Ytbelastning vid Q _{max}	m/h	85
Avvattnad och tvättad sand	Specifik mängd	kg/pe,år
	Mängd, medel	ton/år
		kg/d
	Specifik vikt	kg/m ³
	Volym, medel	m ³ /d
	Volym, medel	l/h
	Volym, medel	l/s
	Mängd, maxmån	kg/d
	Mängd, maxtim	kg/h
	Volym, maxtim	m ³ /h
	Volym, maxtim	l/s
	Dim. maxmängd	kg/d
	Dim. maxvolym	m ³ /d

¹⁾ specifik sandmängd i sandfång vid Henriksdalsanläggningen år 2010 enligt SVAB

3.3.7 Sandtvätt

Två sandtvättar och två containrar med tillhörande skruvar installeras i ett nytt bergrum. Data avseende sandtvättarna redovisas i Tabell 3-16.

Tabell 3-16: Dimensionerande data för sandtvätt år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Antal tvättar/avvattnare, totalt	st	2
Antal tvättar/avvattnare, redundans	st	1
Total kapacitet	l/s	50
Antal containrar	st	2

Sandtvättarnas kapacitet uppgår till 25 l/s för vardera enheten, vilket innebär att full redundans erhålls gott och väl vid såväl normal- som maxbelastning, se Tabell 3-15.

Ny rördragning från sandfång till sandtvätt installeras. Befintliga mammutpumpar och gravitation nyttjas för transport av sanden till utrustningen i det nya bergrummet.

För att klara en långhelg med maximal sandproduktion behövs 2 containrar med kapaciteten 11 ton vardera enligt Tabell 3-15.

3.3.8 Finsilning av rötslamrejekt

Rejektvatten från förtjockningsutrustning för primär- och överskottslam samt spolvatten från primärslamförtjockningen tillförs vattenlinjen efter sandfången före inloppskanalen till försedimenteringen för god inblandning med inkommande avloppsvatten.

Rejektvatten från rötslamavvattningscentrifuger, separerat från inkommande avloppsvatten, kommer att tillföras vattenlinjen i den första zonen i biosteget. Rejektvattnet måste därför silas i en finhålig hålplåtsil innan det leds in i biosteget för att avlägsna hår och annat material som kan skada membranerna i slutavskiljningssteget. Finsilarna placeras vid grovreningen.

Data om finsilarna för rejecktattnet presenteras i Tabell 3-17.

Tabell 3-17: Data om finsilar för behandling av rejecktatten

Parameter	Enhet	Värde
Antal finsilar	st	2
Antal finsilar, redundans	st	1
Total kapacitet	m ³ /h	450
Håldiameter	mm	1

Ett slutet system är att föredra framför öppna system med hänsyn till arbetsmiljön. Tre enheter med kapaciteten 150 m³/h vardera installeras, varav en utgör redundans. En perforering på 1 mm föreslås.

Enheterna placeras under rensskruvarna på det nya bjälklaget. Renset skruvas upp till de två skruvarna för gallerrens som leder till renscontainrarna. Silpressenheterna installeras med full redundans medan endast en rensskruv installeras. Vid driftstörning eller planerat underhåll på skruven samlas rensat upp i portabelt kärl som töms manuellt.

Finsilat rötslamrejekt från silpressenheterna leds i rörledningar som monteras i taket i tunnel TT3 och TF2 till centraltunnel 2 där det ska fördelas kontinuerligt till de 7 bioblocken.

Möjligheten att förbileda rötslamrejektvattnet bör finnas före silpressenheterna. Rötslamrejektet kan ledas från inloppet till silpressenheterna till rensvallren eller ledas direkt från rötslamcentrifugerna tillsammans med rejekt från förtjockat primär- och överskottslam till inloppskanalen till försedimenteringen.

3.3.9 Försedimentering och kemisk fällning

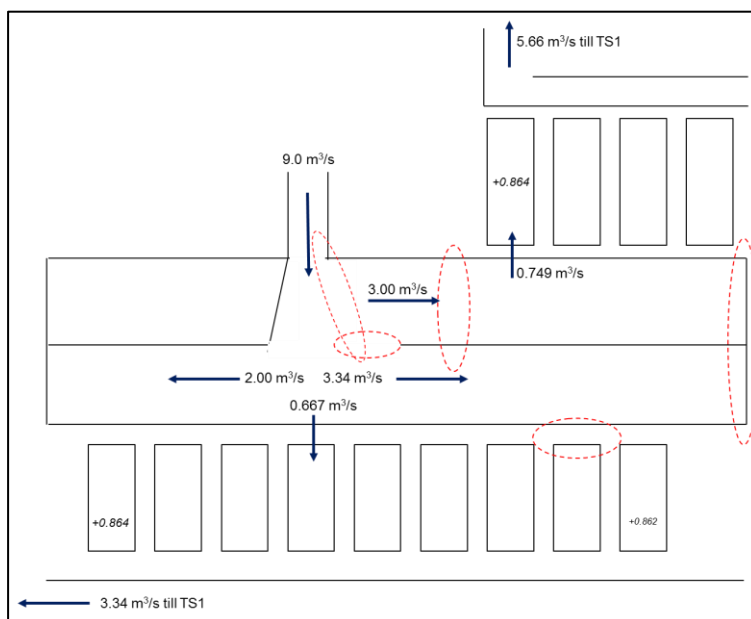
För att erhålla en effektiv kemisk fällning krävs att en god flock kan erhållas, som beskrivits ovan för Sicklaanläggningen. För detta krävs en lugn vattenmiljö där partiklarna har en möjlighet att bilda flockar.

För Henriksdalsanläggningen är möjligheterna dock mycket begränsade för anläggande av slutflockningsbassänger till skillnad mot i den nya anläggningen i Sickla och av den anledningen får man även i framtiden förlita sig enbart på flockning i försedimenteringsbassängerna.

Försedimentering

Trots en minskning av maximala inflödet till Henriksdalsinloppet från dagens 10 till 8 m³/s föreslås även i framtiden samtliga tretton bassänger normalt vara i drift som försedimenteringsbassänger.

I samband med att flödet i framtiden förändras och att flödet från Sicklainloppet upphör kommer flödesfördelningen i fördelningskanalen in till försedimenteringen att förändras. Den hydrauliska beräkningen har påvisat att med dagens fördelningskanal fås för höga hastigheter och att en ombyggnation därmed krävs. Vid utloppet från grovreningen till fördelningskanalen måste kabelkanalen närmast F10-13 tas i anspråk för fördelning av vatten till F10- F13, se Figur 3-1.



Figur 3-1: Åtgärder i inloppskanalen till försedimenteringen. Röd streckade områden visar var åtgärder krävs. Blått område visar befintlig kabelkanal.

Då bassängerna är byggda vid olika tillfällen så är också utformningen delvis olika. Försedimenteringsbassängerna 1-8 (F1-F8) har inloppstuber av stål på vilka det tidigare satt venturimätare, som mätte flödet in till respektive bassäng. Mätarna är sedan tidigare borttagna men inloppsrören finns fortfarande kvar. Till dessa bassänger finns även kompletterande inloppsluckor på en högre nivå i fördelningskanalen.

Inloppsrören kommer att tas ur drift i samband med ombyggnaden. F1 är sedan tidigare ombyggd och inloppsröret igengjutet. Röret kommer dock att tas bort så att samtliga bassänger har samma status efter ombyggnaden.

Styrningen av flödet genom försedimenteringen sker genom utloppsskibord vilka är utformade så att ett jämnt fördelat flöde fås över alla bassäng. Denna styrprincip förändras inte vid ombyggnationen. De nya inloppsluckornas area dimensioneras så att ingen strypning uppstår i inloppet. Då inloppsluckorna hamnar nära väggen föreslås dessa vara enkla plåtluckor, som lyfts upp och ner för hand, 4 st per bassäng vilket innebär sammanlagt 28 luckor för F2-F8.

Dimensionerande data för försedimenteringen i Henriksdal framgår av Tabell 3-18.

Tabell 3-18: Dimensionerande data för försedimenteringen i Henriksdalsanläggningen år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Antal försedimenteringsbassänger	st	13
Area, totalt	m ²	8 200
Area per bassäng	m ²	600-700
Djup	m	3,6-3,7
Bredd	m	10
Längd	m	60-70
Volym, totalt	m ³	29 300
Volym per bassäng	m ³	2 250
Ytbelastning vid Q_{dim} , 1 bassäng avställd	m/h	0,9
Ytbelastning vid Q_{max} , 1 bassäng avställd	m/h	3,8
Ytbelastning vid Q_{dim} , totalt	m/h	0,8
Ytbelastning vid Q_{max} , totalt	m/h	3,5
Uppehållstid vid Q_{dim}	h	4,5
Uppehållstid vid Q_{max}	h	1,0

Fällningsstrategi

Som redovisats för Sicklaanläggningen ska fällningssteget drivas som *förfällning* med järnsulfat under normaldrift, se avsnitt 3.2.8. En avskiljning motsvarande 60 % av inkommande SS ska uppnås. Idag doseras vid Henriksdalsanläggningen ca 10-12 g Fe²⁺/m³ avloppsvatten i det luftade sandfånget varvid avskiljningsgraden uppgår till kravnivån 60 % av inkommande SS.

Föreslagen strategi är att förfälla med järnsulfat så länge det totala flödet <10 m³/s, se avsnitt 3.2.8 ovan för Sicklaanläggningen. Vid 10 m³/s stoppas förfällningen och övergång sker automatiskt till *direktfällning* med dosering av trevärt järn som järnklorid (Fe³⁺) och polymer.

Förfällning med järnsulfat vid normaldrift

Normaldrift för Henriksdalsanläggningen med järnsulfat (FeSO₄·7 H₂O) beräknas ske under 95 % av tiden baserat på flödeskvantilgrafen i SVABs förutsättningsdokument, se avsnitt 3.2.1.

Mottagningsstation och beredningstank för järnsulfaten finns sedan tidigare på Henriksdalsanläggningen. För beredning av järnsulfat används renat avloppsvatten.

Data avseende förfällning med järnsulfat vid normaldrift framgår av Tabell 3-19.

Tabell 3-19: Dimensionerande data för förfällning med järnsulfat under normaldrift år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Medeldos, Fe^{2+}	$\text{g Fe}^{2+}/\text{m}^3$	12
Qmedel, Henriksdalsinloppet	m^3/s	1,7
Mängd, Fe^{2+}	kg/d	1760
Koncentration av Fe^{2+} i järnsulfat	%	17,8
Mängd, järnsulfat	ton/d	9,9

Direktförfällning med järnklorid och polymer vid högflödesdrift

När flödet till Henriksdalsverket överstiger $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ska enligt ovan en övergång ske till direktfällning med Fe^{3+} och polymertillsats. Enligt Tabell 3-1 kan flödet då förväntas uppgå till ca $3 \text{ m}^3/\text{s}$ i Henriksdalsinloppet men den relativa fördelningen kan, som beskrivits för Sicklaanläggningen variera, så styrningen måste baseras på det totala inflödet i de båda inloppen. Direktfällning beräknas pågå under ca 5 % av drifttiden.

En mottagningsstation för järnkloriden kommer också att uppföras i Henriksdalsanläggningen liksom en mottagningsstation, beredningstank och lagringstank för polymer.

Järnkloriden är mycket korrosiv. Förvaringstankar och ledningar ska vara utförade i plastmaterial som glasfiberarmerad polyester, polyeten eller polypropylen. I närheten av doseringspunkten måste exponering av andra material minimeras. Frånluften från järnkloridtankarna måste hanteras varsamt då den leds ut ur berganläggningen.

Järnkloriden kommer att kombineras med en anjonisk polymer. Det är mycket viktigt att denna polymer är anpassad till det efterföljande membransystemet i Henriksdalsanläggningen. Krav gällande eventuell användning av polymer finns ställda av membranleverantörerna.

Liksom vid dosering av järnsulfat är det mycket viktigt med en turbulent miljö för dosering av järnkloriden.

Data avseende direktfällning med järnklorid och polymer framgår av Tabell 3-20.

Tabell 3-20: Dimensionerande data för direktfällning med järnklorid och polymer år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Järnklorid (FeCl_3)		
Medeldos, Fe^{3+}	$\text{g Fe}^{3+}/\text{m}^3$	17
Koncentration av Fe^{3+} i järnklorid	%	14
Mängd, järnklorid vid flödet $3 \text{ m}^3/\text{s}$	ton/d	31

Parameter	Enhet	Värde
Mängd, järnklorid vid flödet 8 m³/s	ton/d	84
Anjonisk polymer		
Dos	g/m ³	0,3
Polymermängd vid 3 m³/s	kg/d	78
Polymermängd vid 8 m³/s	kg/d	207

3.3.10 Flytslamhantering

Försedimenteringsbassängerna ska vidare vara försedda med flytslamskrapor och flytslamavdrag. Flytslammet leds antingen till framtida primärslamlager eller till inloppet av Henriksdalsanläggningen. Principen ska vara att ta ut flytslammet ur processen så fort som möjligt och inte tillåta det cirkulera runt i olika behandlingssteg. Flytslamhanteringen kommer att utredas i detalj under systemhandlingsskedet.

3.4 Anslutning av Sicklainloppet i Henriksdalsanläggningen

Från Sicklaanläggningen leds det försedimenterade avloppsvattnet i befintliga tunnlar fram till stigarrören i Henriksdal (Sickla torg). Stigarrören behålls i den nedre delen för att sedan anslutas mot två nya tunnlar mot den biologiska reningen cirka 10 meter under bjälklagsnivån i Sickla torg. Anslutningen mot de nya tunnlarerna görs under området som avsatts för motorväg. De nya tunnlarerna lutas mot Sicklaschaktet så att de befintliga tömningspumparna kan användas när tunnlarerna skall tömmas.

De två nya tunnlarerna mot den biologiska reningen blir ca 4*4,5 meter stora vilket är ett ekonomisk och arbetsmiljömässigt bra mått för tunneldrivning och som ger tillräcklig kapacitet.

3.4.1 Blandning av försedimenterat vatten från Sickla och Henriksdal

Försedimenterat avloppsvatten från Sickla- och Henriksdalsanläggningarna kommer att blandas i en ny fördelningskammare. Anslutning mot centraltunnel 2 (+TC2) sker i bräddtunnelns (+TB1) förlängning i den befintliga nischen som idag används som elförråd. Nischen förlängs till ca 8 meter för att rymma stigarschakt och en gemensam inblandningszon. I fördelningskammaren byggs strömningsrikare som leder vattnet in mot +TC2.

För att kunna stänga valfri tunnel för nedtömning monteras avstängningsluckor mellan +TC2 och stigarschakten. Luckorna behöver ha en yta på ca 6 m² per tunnelschakt. För att inte luckorna skall bli för breda föreslås 3 luckor med drygt 1 meters bredd. För att kunna hantera lyft av luckor samt renovering av luckor sätts lyftöglor i tak ovan luckor.

Utrymmet med stigarschakt och fördelningskammare avskiljs i gångplanet med vägg från +TC2 och förses med frånluftsdon samt tar överluft från centraltunnel 2.

Detta görs för att eventuellt svavelväte som bildas i tunnlarna vid långa stillestånd skall ventileras ut direkt.

Från denna fördelningskammare leds sedan avloppsvattnet ut i +TC2 för fördelning till de 7 parallella bioblocken. Allt avloppsvatten upp till maximalt 10 m³/s kommer att pumpas in i biosteget.

3.4.2 Förbiledning av biosteget från fördelningskammaren

När totalflödet av försedimenterat avloppsvatten överstiger 10 m³/s kommer det överskjutande flödet att förbiledas biosteget via ett skibord samt reglerluckor och ledas till sandfilterhallen för högflödesbehandling.

3.5 Biologisk rening

3.5.1 Hydraulisk belastning

En detaljerad beskrivning av flödesfördelningen kring biosteget år 2040, inkluderande internströmmar, presenteras i ett blockschema..

3.5.2 Inloppspumpar

Sju inloppspumpstationer med vardera tre pumpar anläggs i befintliga nischer i det biologiska reningssteget. Vardera pumpstationen är kopplad till en biolinje vilket ger ökad processkontroll och styrningsmöjligheter. Pumparna lyfter vattnet från den undre kanalen i +TC2 till hålplåtsilar, som beskrivs nedan i avsnitt 3.5.3. Flödet in till varje biolinje kommer att mätas och registreras.

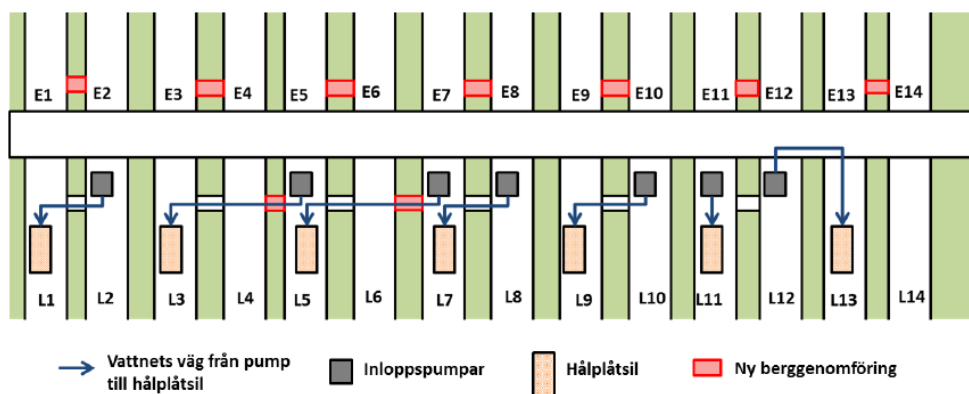
Pumparna placeras i biolinjerna. Lyfthöjden är ca 3 m, från +0,1 m till ca +3,0 m. För att erhålla full kapacitet i biosteget med en biolinje ur drift måste de tre pumparna i varje pumpstation tillsammans ha en kapacitet motsvarande 1,67 m³/s, se Tabell 3-21. Vid varje pumpstation ska en lyftanordning för pumparna installeras.

Tabell 3-21: Dimensionerande flöden för inloppspumpar till det biologiska steget

Parameter	Enhet	Q _{dim}	Q _{medel}	Q _{max}
Totalflöde till biosteget	m ³ /s	6,1	5,8	10
Flöde per linje, 7 linjer i drift	m ³ /s	0,87	0,82	1,43
Flöde per linje, 6 linjer i drift	m ³ /s	1,02	0,97	1,67

Från pumparna leds avloppsvattnet till hålplåtsilarna i en rörledning, DN 1200, som förläggs någon meter under vattenytan.

Pumpnischernas placering gör att vattnet i de flesta fall måste ledas till hålblåtskanalerna via en berggenomföring mellan två eller flera luftningsbassänger. Befintliga genomföringar kan nyttjas i alla fall utom två, där nya genomföringar måste göras i berget. Nya genomföringstunnlar, ca 2 × 2 m, sprängs från två håll. Handhållen utrustning används för att slippa etablering av tunga maskiner. Pumpnischernas placering samt befintliga och nya genomföringar redovisas i Figur 3-2.



Figur 3-2: Layoutskiss över inloppspumpar till biosteget

3.5.3 Avskiljning av resterande fasta föroreningar med hålblåtsilar

Utformningen av det biologiska reningssteget med membran är mycket känsligt för driftstörningar. Dimensioneringsdata för installationen av hålblåtsilar redovisas i Tabell 3-21 ovan och Tabell 3-22 nedan. Renset från hålblåtsilarna är pumpbart och kan ledas antingen till överskottslamlådan eller till renstvättpressarna i grovreningen. Leds det till överskottslamlådan rötas det tillsammans med övrigt slam. Fördelen med detta är att avskilt organiskt material nyttjas för produktion av biogas. Nackdelen är att hår och annat skräp som avskilts från vattenfasen förs in i röt-kammaren där det kan bidra till driftproblem.

Tabell 3-22: Dimensionerande data för hålblåtsilar före biosteget.

Parameter	Enhet	Värde
Antal hålblåtsilar	st	14
Redundans vid Q _{dim}	st	7
Hålstorlek	mm	1-2
Kapacitet per enhet	m ³ /s	ca 1
Kapacitet, totalt	m ³ /s	ca 14
SS-halt, design	mg SS/l	120
SS-halt, design max	mg SS/l	200
Våt rens mängd (TS-halt 1 %)	m ³ /d	300

Placeringen av hålplåtsilarna säkerställer att allt vatten som pumpas in i biosteget är finsilat och att eventuellt skräp som finns ackumulerat i tunnlar och kanaler inte når membranen.

De två hålplåtsilarna i varje block installeras i varsin kanal som anläggs ovanpå den första zonen i biosteget, deoxzonen. Bjälklagsnivån kring hålplåtsilarna höjs från + 2,55 m till ca + 3,1 m. Inloppspumparna släpper avloppsvattnet i silarnas inloppskanal. Vattnet fördelas över de två linjerna, passerar silarna och leds ut i fördenitrifikationszonen. Varje linje förses med luckor i inlopp och utlopp. Den hydrauliska förlusten över hålplåtssilarna uppgår till ca 600-900 mm.

Kanalerna och hålplåtsilarna installeras invid varandra längs västra långsidan av ojämna biobassänger (L1, L3, L5, L7, L9, L11, L13) eftersom flödesriktningen genom vardera biolinje ska gå motsols, liksom idag.

Erforderlig kanalbredd för respektive sil är ca 2,6 m. Noteras bör att det krävs en vägg nedströms hålplåtsilarna för att erhålla tillräcklig hydraulisk nivå genom silarna vid lågflöden.

Takets anfangshöjd måste ökas för att telfer och lyftanordning för hålplåtsilarna ska inrymmas. En takhöjning krävs därmed. Ca 50-80 m² takyta (5-8 x 10 m beroende på biolinje) höjs ca 2,2 m från den lägre nivån på +6,1 m till den högre nivån på +8,70 m ovan hålplåtsilarna. Två telfrar med en lyftkapacitet på 10 ton vardera anläggs från hålplåtsskanalerna ut till +TC2.

Hålplåtssilarna spolats kontinuerligt. Spolvatten hämtas från utgående vatten efter membranen via en ny pumpstation. Varmvattenspolning kan periodvis behövas.

Renset leds med gravitation till en pumpsump som anläggs bredvid de två hålplåtsilarna. Från pumpsumpen pumpas rensat till överskottslamlådan vid tunnel +TB1.

En specifik genomförandeplan för vardera biolinje måste tas fram eftersom alla linjer ser olika ut.

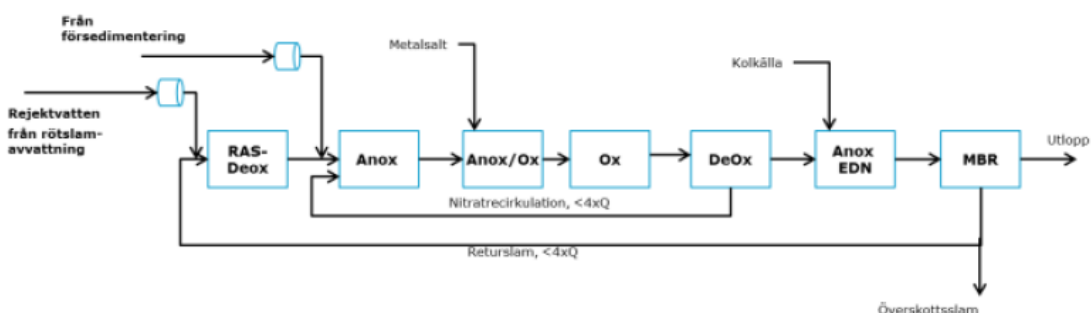
3.5.4 Bioreaktorer

Dimensionerande belastning på det biologiska reningssteget 2040 framgår av Tabell 3-23.

Tabell 3-23: Dimensionerande belastning på biosteget 2040

Parameter	Enhet	Värde
Förbehandlat avloppsvatten		
Avloppsvatten (försedimenterat+rejektvatten från förtjockning)	m ³ /d	531 591
BOD ₅	kg/d	50 500
Tot-N	kg/d	17 700
Tot-P	kg/d	1 580
SS	kg/d	60 000
Rejektvatten från rötslamavvattning		
Rejektvattenflöde	m ³ /d	2 390
BOD ₅	kg/d	1 700
Tot-N	kg/d	4 000
Tot-P	kg/d	475
SS	kg/d	2 450

Ett flödesschema för den valda biologiska processen presenteras i Figur 3-3. Förkortningarna i figuren förklaras i tabeller och text nedan.



Figur 3-3: Flödesschema över den utvalda biologiska processen

Den biologiska anläggningsdelen består av 7 linjer i befintliga men ombyggda biobassänger. En biolinje hör hydrauliskt ihop med två membranbassänger, se avsnitt 3.5.5 nedan. Någon överkoppling mellan olika linjer föreligger inte.

Avloppsvattnet pumpas in i respektive linje med nya lyftpumpar via hålplåtsilar enligt ovan.

Biobassängerna är i respektive linje fördelade på 6 olika zoner. Data om biobassängernas zoner och tillhörande mekanisk utrustning framgår av Tabell 3-24.

Tabell 3-24: Data om biobassängerna

Zon	Parameter	Enhet	Per linje	Totalt	Utrustning
Volym för hålplåtsilar	Volym	m ³	570	4000	hålplåtsilar
Deoxzoner 1 (DEOX 1)	Volym	m ³	2430	17000	omrörare
Anoxzoner (FDN)	Volym	m ³	10140	71000	omrörare
Flexibla zoner (FLEX)	Volym	m ³	4860	34000	omrörare+luftare
Oxzoner (OX)	Volym	m ³	5710	40000	luftare
Deoxzoner 2 (DEOX 2)	Volym	m ³	1860	13000	omrörare
Efterdenitrifikationszoner (EDN)	Volym	m ³	3570	25000	omrörare
Totalt	Volym	m ³	29160	204000	

Bredden för samtliga zoner är 10 m och djupet 12.

Viktigast vid dimensioneringen av biosteget har varit *nitrifikationsprocessen* och att den alltid ska kunna upprätthållas. Näst viktigast har varit att *minska metanolbehovet* i efterdenitrifikationssteget. Av den anledningen har beslut tagits att i detta stadium av projekteringsarbetet inte projektera någon zon för sidströmshydrolys (SSH) som föreslagits av Sweco. Underlag för förändrad processdimensionering presenteras i Bilaga 1.

Befintliga lägen för toppmonterade omrörare nyttjas så långt detta är möjligt eftersom befintliga balkar då kan återanvändas. Den högre slamhalten i biosteget jämfört med nuvarande anläggning beaktas vid val av omrörare. Behov av lyftanordningar beaktas vid kommande detaljprojektering.

De luftade zonerna är försedda med ett heltäckande bottenluftarsystem av typen gummimembranluftare uppdelade på ett antal luftningspaket per zon och linje. De luftade zonerna förses med givare för mätning av syre-, ammonium- och SS-halt. Ett alternativ till gummimembranluftare är ett luftarsystem med så kallade Hyper Classicluftare.

Tidigt under kommande arbete i förprojektet måste det bekräftas att det är möjligt att få in erforderliga syremängder i anläggningen.

Respektive nedledare för luft är försedd med avstängnings- och reglerventiler samt flödesmätare.

Recirkulationspumpar placeras i den andra deoxzonen för återföring av avloppsvatten till fördenitrifikationszonen (FDN). Recirkulationspumpningen kräver att ett nytt hål för en ledning med dimensionen 2,7 m tas upp mellan de båda zonerna. Detta sker i befintliga betongkonstruktioner mellan respektive par av biolinje L1 till L10 och med sprängning i berg mellan respektive linje L11/L12 och L13/L14.

Sex nya blåsmaskiner installeras för att förse biosteget med luft. Luftbehovet för den biologiska reningen är ungefär det dubbla jämfört med nuvarande behov. Dimensionerande data för luftningssystemet framgår av Tabell 3-25.

Tabell 3-25: Dimensionerande data för luftningssystemet

Parameter	Enhet	Låg	Medel	Hög	Låg	Medel	Hög
Temp	°C	10			15		
Faktor	-	0,6	1	1,4	0,6	1	1,4
AOR	kg O ₂ /d	70 416	104 760	150 444	55 536	86 160	122 544
SOTR	kg O ₂ /d	175 724	261 429	406 630	134 448	217 707	339 319
	kg O ₂ /h	7 332	10 893	16 943	5 602	9 071	14 138
Luft-flöde	Nm ³ /h	37 881	73 264	118 704	31 399	61 011	99 054
SOTE, ansatt	% per m	6,5	5,0	4,8	6,0	5,0	4,8
DO	mg O ₂ /l	2	2	3	1,5	2	3

Sex befintliga utrymmen finns tillgängliga för de nya blåsmaskinerna och dessa nyttjas för installationen. Fem av sex blåsmaskiner behöver vara i drift vid maximal belastning. De nya maskinerna ersätter befintliga fem blåsmaskiner och förses med luftkylare (samordnas med VVS-utredningen). Kylningen av blåsmaskinerna svarar för uppvärmningen av utrymmena i berget. Blåsmaskinerna ansluts med högspänning, 10,9 kV.

Befintligt huvudsysteem för blåsmaskinluft (ca 1,4 bar) kompletteras i erforderlig omfattning. Befintligt rörsystem behöver i princip fördubblas.

Flödet från EDN-zonen i biologin till membrantankar i befintliga eftersedimenteringsrör leds i två rör med en diameter om 2 m vardera. Returslamflödet från membrantankar till första zonen (DEOX 1) i biologin leds i två rör med en diameter om 1,6 m vardera. Returslamrören avslutas med en uppåtgående 90 graders böj för att dämpa rörelseenergin i det inkommande returslammet. Hastigheten i rören ansätts till 1 m/s under förutsättning att alla enheter är i drift. Däremot uppfyller ledningarna inte kravet på att klara maxflöde samt en säkerhetsfaktor på 1,5. Nackdelen med att bygga större ledningar är utrymmet, risken för sedimenteringar i rören på grund av låga hastigheter samt det faktum att membrantankar och eventuellt inloppskanal inte klarar ett högre flöde än 10 m³/s. Utformning av ledningarna görs på ett sådant sätt att de hydrauliska förlusterna minimeras i största möjliga mån.

Befintliga skibordsrännor i utloppet från biosteget rivs och nya anordnas i utloppsändan av efterdenitrifikationszonen (EDN). Vattnet avleds till de båda rören med diametern 2 m enligt beskrivning i ovanstående stycke. Alternativt utförs utloppet med dränkta rör.

Bildat flytslam i luftningsbassängerna måste kunna avledas och inte fastna bakom mellanväggar. Hur flytslammet ska dras av i slutet av bassängerna och pumpas vidare ska utredas i detalj under systemhandlingsskedet.

Rejektvatten från centrifugerna (rejekt från rötat slam) leds in i den första zonen av biologin (DEOX 1). Rejektet fördelas på de sju biolinjerna med hjälp av automat-ventiler.

Befintligt tömningssystem förutsätts vidare kunna användas.

Metanol doseras i EDN-zonen i respektive biolinje. Ledningar utförs helsvetsade från den utanför berget placerade lagringsstationen. Dosering sker under vattenytan. Vid tömning av aktuell bassäng fylls ledningarna med vatten manuellt. På detta sätt undviks explosionsfarliga områden beroende på metanoldosering inne i berget. Etanoldosering som alternativ kan inte uteslutas.

Respektive zon avdelas med nya avskiljande väggar i betong. Öppningarna mellan de olika zonerna placeras mot botten av bassängerna i samtliga fall. Öppningarnas storlek anpassas så att den maximala hastigheten genom öppningen blir ca 0,5 m/s.

De luftade zonerna (FLEX + OX) överdäckas för att förbättra arbetsmiljön i bi-osteget. Nya kantbalkar fästa i berget säkerställer att överdäckningen blir tät.

Byggtransporter kan ske (uppdelade på fordon på maximalt 10 tons axeltryck) österifrån från sandfiltren längs tilluftstunnel TL1 fram till respektive biobassäng.

3.5.5 Membrantankar

Val av membrantyp

Under arbetet med förstudierna genomfördes en jämförelse mellan de två membrantyperna Hollow Fibre (HF) och Flat Sheet (FS). Jämförelsen utmynnade i följande utvärderingstabell, se Tabell 3-26.

Tabell 3-26: Jämförelse mellan membrantyperna HF och FS

Parameter	Hollow Fibre (HS)	Flat Sheet (FS)
Platsbehov	Mindre	Högre
Energiförbrukning	Lägre	Högre
Kemikalieförbrukning	Högre	Lägre

Båda membrantyperna förknippas både med fördelar och nackdelar avseende processteknik, driftsäkerhet, kostnader, miljöpåverkan och anläggningstekniska aspekter. Det slutliga valet som även baserades på en livscykelanalys föll på Hollow Fibre (HF). Ett fortlöpande arbete kommer att ske för att minimera kemikalieförbrukningen.

Allmänt om membranläggningen

Befintliga 14 eftersedimenteringsbassänger byggs om till bassänger för avskiljning med membran. Samtliga eftersedimenteringsbassänger används för ändamålet. Två membranbassänger kopplas samman med en biolinje. Såsom idag kommer alltså biosteget att bestå av 7 helt separata linjer. Någon möjlighet att leda vatten från en biolinje till en annan finns inte. Anläggningen dimensioneras så att 6 av de sju linjerna klarar maximalt dimensionerande belastning om $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Varje linje kommer att delas in i ett antal underlinjer. Varje sådan underlinje kommer att bestå av separat tank med väggar som tål ensidigt vattentryck.

Vattnet (en blandning av avloppsvatten och returslam) från biosteget leds via ledningar (dimension 2 000 mm) in till respektive bassäng.

Underplanen på en yta av ca 100 m^2 närmast biosteget används för ledningsstråk mellan biosteget och membranläggningen.

Vattnet passerar membranbassängerna och returslam tas ut via skibord för återföring till biosteget. I utloppsändan närmast biosteget installeras en pumpstation för återföring av returslam till biostegets deoxzon. Minst två lyftpumpar installeras per bassäng. Returslamflödet dimensioneras för $3 \times Q_{\text{maxflödet}}$ eller ca $5 \text{ m}^3/\text{s}$ per biolinje.

Överskottsslam (en pump per linje) tas från respektive returslampumpstationen och pumpas till befintlig pumpstation i tunnel T31.

Permeat pumpas ut med individuella pumpar för respektive linje till utloppskanalen. Tryck- flödes- och turbiditetsmätare installeras för respektive linje.

Membranläggningen kräver en stor mängd luft som blåses in under membranmodulerna för rengöring. Mängden luft är olika för olika typer av membran. Totala luftbehovet har bedömts uppgå till mellan 40 000 – 80 000 m^3 per linje och timme.

Utrymmet med permeatpumpar och blåsmaskiner kommer att utgöras av en egen brandcell.

Dosering av järnsulfat sker i returslamkanal närmast tunnel TS3. Befintlig ledning för järnsulfat som passerar i TS3 kan nyttjas om kapacitetsbehovet för denna är tillräckligt. Vid behov kompletteras ledningen.

Underhåll av membranen sker på serviceytor i bassängernas norra respektive södra delar.

Berg

Membranbassängernas bjälklagsnivåer behöver anpassas för att få plats med lyftanordning och tillräckligt höjd för att lyfta membranmodulerna från bassängbottnar till en högre nivå med serviceyta. Detta utan att förlora hydrauliska nivåer med extra pumphöjder som följd. Tidigt under förstudiearbetet konstaterades att höjning av taket blir ett komplicerat och kostsamt alternativ.

Det har efter noggranna studier konstaterats att det är möjligt att utforma membranläggningen utan att höja taknivån.

I membranbassängernas södra kortsida utförs en fördjupning för att möjliggöra ledningsdragning mellan biosteget och membranbassängerna. Plats för ledningar mellan de båda anläggningsdelarna utförs med sprängning alternativt med så kallad raiseborring. Dimensionerna för avloppsvatten och returslam har beräknats till 2000 respektive 1600 mm. Uttag av berg i den fördjupade delen sker till en nivå ca 500 mm under vattengången på dessa rör.

Bygg

Membranen installeras i nya tankar med ny betong i väggar och golv. Tankarna behandlas med lining som skydd för pH-fluktuationer, som uppstår vid rengöring av membranen.. Samtliga tankar dimensioneras för ensidigt vattentryck.

Tankarna förses med lutande golv (1:50) till separata tömningsgropar i respektive linje. Varje linje förses med en tömningsgrop med fast installerad gejder. Ett antal flyttbara tömningspumpar delas av anläggningen. Via slang fördelas det tömda vattnet på någon av de grannlinjer som fortsatt är i drift.

Bassängerna täcks med täta BSG-plank eller dylikt i aluminium eller plast. Balksystem för gångplanet utförs i syrafast material.

Membrananläggningen förses med längsgående telferbalkar vardera med längden ca 80 m. Dessa ges erforderlig lyftkapacitet för att lyfta upp de membranmoduler som installerats. Specialtillverkade lyftok behöver användas av hänsyn till den låga höjden.

Bärigheten på bjälklaget i tunnel TS3 är 10 tons axeltryck. Detta kan belastas av mindre betongbilar eller andra fordon med motsvarande last. Det är därför en förutsättning att använda den nya arbetstunneln för leveranser av betong och annat byggnadsmaterial.

Maskin- och processinstallationer

Tryckledningar dimensioneras med hastighet 1 m/s vid maxflöde och inga enheter avstängda.

Ledningar dras mellan biosteget och membranbassängerna i glasfiberarmerad plast. Ledning mellan EDN-zonen i biosteget och membranen utförs i dimension Ø 2 000 mm. Återföringsledning för returslam i dimension Ø 1 600 mm. Enklare flödesmätare installeras på returslamledningar.

Samlingsledning till utloppskanal norr om membranbassängerna från respektive bassäng utförs i dimension Ø800 mm, förutsatt att den slutliga utformningen innebär att lika mycket vatten dras av från varje bassäng.

Vid inlopp till respektive linje installeras preliminärt reglerbara skibord som samtidigt fungerar som avstängning. Motsvarande installation görs på utloppet från re-

spektive underlinje till returslamkanalen. Slutlig utformning görs när membranleverantör valts.

Två returslampumpar av propellertyp med en kapacitet av $1,25 \text{ m}^3/\text{s} \times 2,2 \text{ mvp}$ per membranbassäng har förutsatts i detta skede. Den slutliga utformningen avgör det slutliga valet.

En överskottsslampump installeras per membranbassäng i anslutning till retur-slampumpsumpen. Överskottsslammet leds in i befintlig överskottsslamledning i befintlig centraltunnel för vidare transport till samlingspumpstation för överskottsslam i tunnel T31.

Vatten som passerat membranen (permeat) tas ut separat från varje underlinje och pumpas i en gemensam ledning till utloppskanalen.

Tryckledningarna från respektive permeatpump förses med flödesmätare, avstängnings- och backventil.

Från utgående permeatledning hämtas spädvatten för kemikalietillsats vid rengöring av membranen.

Blåsmaskiner med erforderlig kapacitet och prestanda kommer att specificeras av membranleverantör.

Kemikalieanvändning

För rengöring av membranen används kemikalier, huvudsakligen natriumhypoklorit och citronsyra/oxalsyra. Rengöring sker normalt ett par gånger per vecka och för vissa typer av membran sker också en mer genomgripande rengöring ett par gånger per år. För spädning av kemikalierna används permeat. Doseringpumpar av respektive kemikalier placeras i separata utrymmen. Slutlig utformning är beroende av vald membranleverantör.

3.6 Rening av förbilet vatten i sandfilter vid högflöden

Det flöde, som i framtiden överstiger $10 \text{ m}^3/\text{s}$, kommer att förbiledas biosteget och behandlas i befintliga sandfilter innan det släpps ut från reningsverket. Det totala flödet av försedimenterat vatten från både Henriksdals- och Sicklaanläggningarna, som 2040 beräknats förbiledas biosteget, har uppskattats till $4,05 \text{ Mm}^3/\text{år}$, se Figur 2-1.

Flödet är dock inte jämnt utspritt över året. För att få en uppfattning om maximal veckobelastning av förbilet vatten har flödesdata från år 2012 använts. Detta uppskattade maxflöde uppgår till $423\,000 \text{ m}^3/\text{vecka}$. Dimensionerande data för sandfiltren redovisas i Tabell 3-27.

Tabell 3-27: Dimensionerande data för högflödesbehandling i sandfilter

Parameter	Enhet	Värde
Behandlat årsflöde	m ³ /år	4 050 000
Tillförd SS (efter direktfällning i F-sed)	mg/l	42
Utgående SS	mg/l	11
Reduktion över sandfilter, BOD5	%	50
Reduktion över sandfilter, Tot-N	%	10
Reduktion över sandfilter, Tot-P	%	50
Reduktion över sandfilter, SS	%	60

Kemisk fällning med antingen FeCl₃ eller FeSO₄ kan användas. Eftersom FeSO₄ används idag med goda resultat på Henriksdal och kemikalieledningar redan finns på plats föreslås att denna kemikalie används även i framtiden. Dosering bör ske i inloppskanalen till sandfiltren i en punkt med god omblandning. Kemikaliedosering på sandfiltren presenteras i Tabell 3-28.

Tabell 3-28: Kemikaliedosering på sandfiltren

Parameter	Enhet	Värde
Fällning med järnsulfat (FeSO ₄)		
Dos fällningskemikalie	g Fe ²⁺ /m ³	5
Årsmedelförbrukning, Fe ²⁺	ton Fe ²⁺ /år	21,65
Årsmedelförbrukning, FeSO ₄ (17,8 % Fe ²⁺)	ton/år	122
Maximal veckoförbrukning, Fe ²⁺	ton Fe ²⁺ /vecka	2,1
Maximal veckoförbrukning, FeSO ₄ (17,8 % Fe ²⁺)	ton/vecka	11,8

Sandfiltren spolas med utgående delrenat avloppsvatten. Filttertvtvattnet leds tillbaka till huvudvattenlinjen uppströms försedimenteringen i Henriksdalsanläggningen.

3.7 Utlopp

3.7.1 Flöden och utsläppta föroreningsmängder

Beräknade föroreningsmängder i utgående renat och delvis renat avloppsvatten från Henriksdals reningsverk år 2040 samt årsmedelvärden av föroreningshalterna redovisas i Tabell 3-29. Tabellen kan med fördel jämföras med Figur 2-1

Nödbrädd, som inte förekommer annat än undantagsvis, är inte medräknad i angivna utsläppsmängder och halter.

Tabell 3-29: Beräknade föroreningsmängder i utgående vatten från Henriksdals reningsverk år 2040 samt årsmedelvärden av föroreningshalterna

Parameter	Enhet	Totalt utsläpp	Biologiskt renat	Högflödesbe-handlat i sandfilter	Bräddat efter håtplåts-galler i Sickla
Avloppsvattenflöde	Mm ³ /år	183,26	179,12	4,05	0,09
	%	100	97,75	2,20	0,05
Utsläppta föroreningsmängder					
BOD ₅	ton/år	420	358	59	2,5
Tot-N	ton/år	934	896	37	0,8
Tot-P	ton/år	29	27	2	0,10
SS	ton/år	59	0	56	3,2
Halt i utgående vatten					
BOD ₅	mg/l	2,3	2,0	14,6	27,7
Tot-N	mg/l	5,1	5,0	9,2	8,5
Tot-P	mg/l	0,16	0,15	0,5	1,1
SS	mg/l	0,3	0	13,8	35,6

Vid maximalt månadsflöde blir det viktade medelvärdet för tot-P i utloppet ca 0,17 mg/l. Därmed uppfylls utsläppskraven för fosfor även under månader mer extrema högflöden.

3.7.2 Utloppstunnlar

I dag finns två utloppstunnlar från Henriksdals reningsverk. Det ena utloppet, som används för avloppsvatten, avslutas med tre dysförsedda utloppsledningar och mynnar i Saltsjön ungefär mitt för Waldemarsudde.

Det andra utloppet används framför allt för dagvatten och är en förlängning av Östbergatunneln, se Figur 2-1. Den mynnar i strandkanten vid Danvikstull.

De båda utloppstunnlarna kommer att ha en framtida dimensionerande belastning på total 29 m³/s fördelat på 19 m³/s avloppsvatten (behandlat i Sickla och Henriksdal) samt 10 m³/s dagvatten från den dagvattentunnel, som ansluter utloppstunnlarna från Sicklaanläggningen.

I ett förslag till ombyggnad av utloppstuber, se Tabell 1-2, föreslås att det befintliga dagvattenutloppet görs om till spillvattenutlopp och förses med 2 nya utloppsledningar i samma dimension (DN2400-DN800) som de befintliga tre ledningarna för avloppsvattenutsläppet. Utloppstuber förses med maskindrivna avstängningsluckor och sektioneringsluckor mellan spillvattentunneln och dagvattentunneln.

3.7.3 Framtida utloppspumpstation

En ny utloppspumpstation kommer att behövas i en tidshorisont hitom dimensioneringsåret 2040 beroende på att man inte får självfall ut till Saltsjön vid höga nivåer i denna och samtidiga höga flöden ut från Henriksdalsanläggningen. Den erforderliga lyfthöjden kommer att öka med tiden på grund av att havsvattennivåerna kommer att öka mer än landhöjningen. En plats strax intill de båda befintliga utloppstunnlarna har därför angivits. Pumpstationen förses med lyftpumpar av typen propellerpumpar.

3.7.4 Dimensionerande havsvattennivåer

Stockholm Vatten har under förstudieperioden låtit utreda vilka havsvattennivåer man skall räkna med i samband med hydrauliska beräkningar fram till dimensioneringsåret 2040 samt vad som gäller efter det.

Stockholms Stad har sammanställt ett digert material i sitt "PM 2011:20: En redogörelse för stadens beredskap för havsnivåhöjningar och planerade åtgärder för att minska dess konsekvenser". I detta PM anges att fram till år 2100 kommer medelvattenståndet att öka med 1 m, vilket motsvarar ca 0,5 m efter justering av den beräknade landhöjningen. Det är SMHI som står för denna prognos och det konstateras att detta ligger väl i linje med många internationella bedömningar. I dagsläget gäller följande:

- HHW (Högsta högvattennivå): + 0,81
- MHW (Medelhögvattennivå): + 0,24
- MW (Medelvattennivå): - 0,27

Om medelvattennivån beräknas stiga med 0,5 m (netto) till år 2100 kan man förvänta sig att även MHW och HHW ska öka men frågan är med hur mycket? Om man antar en ökning också av dessa nivåer med 0,5 m, skulle det innebära en dimensionerande HHW på +1,31.

Det är dock tämligen osäkert hur medelvattennivån kommer att stiga och hur landhöjningen kommer att utvecklas i detalj och tidpunkt för beslut om en utloppspumpstation kan lämpligen skjutas ett antal decennier framåt i tiden. En pumpstation kan projekteras och byggas mycket snabbt när detta blir nödvändigt.

3.8 Slambehandling

3.8.1 Inledning

I samband med förestående utbyggnad av Henriksdals reningsverk kommer slamavvattningen och utlastningen av rötslam att flyttas från Sicklaanläggningen till Henriksdalsanläggningen. En ny slamavvattning anläggs i en ny byggnad uppe på berget medan utlastningen förläggas i nya bergutrymmen. Detta kommer att med-

föra en kraftigt förbättrad miljö för de boende i Hammarby Sjöstad samtidigt som den totala slamhanteringen förbättras påtagligt.

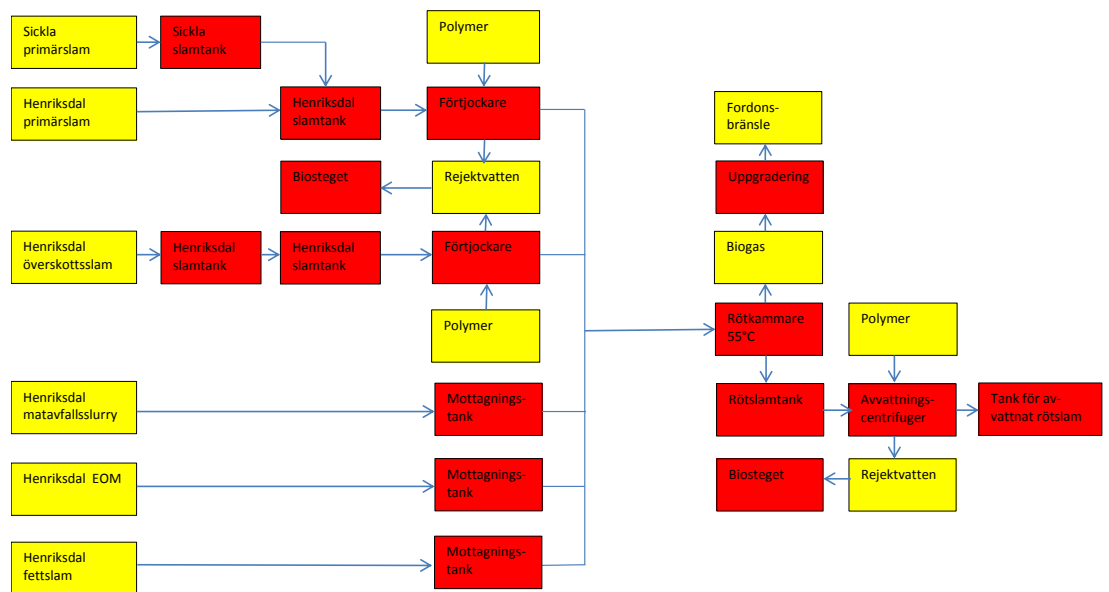
Förutsättningarna för den framtida slamhanteringen i Henriksdalsanläggningen kan sammanfattas på följande sätt:

- För att öka produktionen av biogas ska reningsverket i framtiden även ta externt organiskt material i rötkammaranläggningen som komplement till dagens fettslammottagning;
- Antalet rötkammare ska preliminärt inte utökas utöver de befintliga 7, men ytterligare kapacitet utreds.
- För att möta förväntade framtida krav på hygienisering av slammet ska en anläggning uppföras för detta i samband med kommande utbyggnad.

Detta innebär behov av investeringar och ombyggnader och den förändrade slambehandlingen för Henriksdals reningsverk kommer att omfatta följande delar:

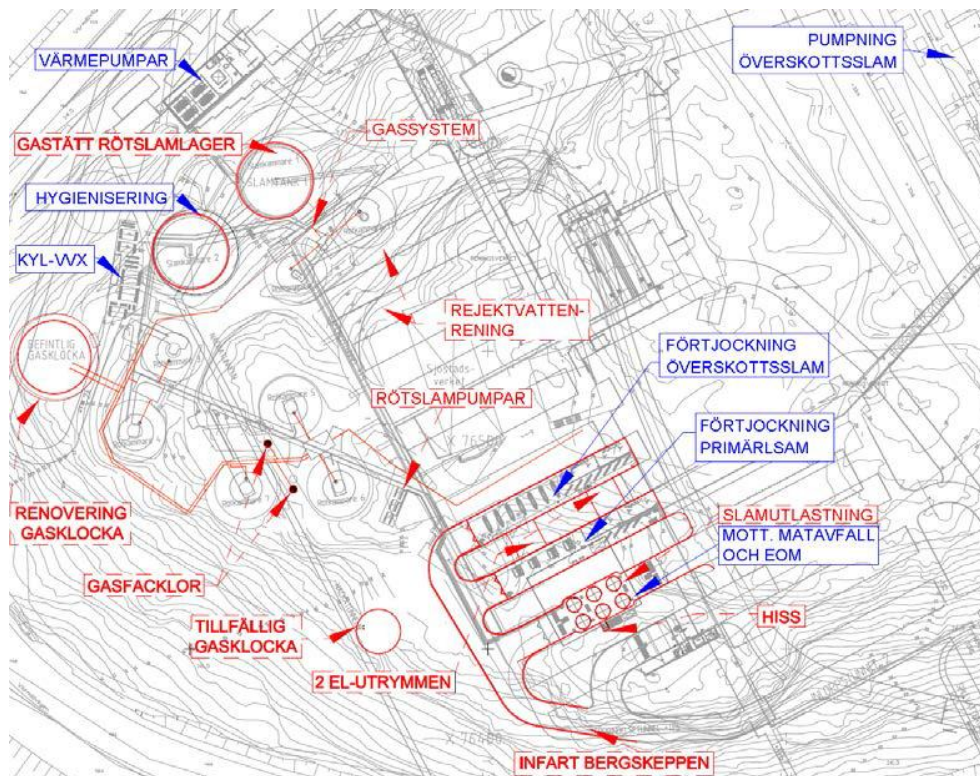
- Uttag, pumpning, utjämning, nya ledningar och förtjockning av **primärslam** från Henriksdals- och Sicklaanläggningarna;
- Uttag, pumpning, utjämning, nya ledningar och förtjockning av **överskottsslam** från det biologiska reningssteget i Henriksdalsanläggningen;
- Uppförande av en mottagningsstation för **matavfallsslurry** för ökad produktion av biogas;
- Uppförande av en mottagningsstation för annat **externt organiskt material** för ökad produktion av biogas;
- Omställning av **rötningsprocessen** från mesofil till termofil rötning i befintliga 7 rötkammare i Henriksdalsanläggningen;
- Förändrat **uppvärmningssystem** för rötkammaranläggningen från fjärrvärme till värmepumpar;
- Införande av **hygienisering** av slammet genom ombyggnad av två befintliga slamtankar till en hygieniseringsanläggning; och
- Ombyggnad av befintligt **gassystem**.

Ett processschema för den framtida slambehandlingen framgår av Figur 3-4.



Figur 3-4: Processchema för framtida slambehandling vid Henriksdals reningsverk

Befintlig och ny anläggning för slambehandling vid Henriksdalsverket presenteras nedan i Figur 3-5, där även de olika behandlingsstegen ingår. Placeringen av en anläggning för rening av rejektivatten, som är utritad i figuren, har studerats men är inte längre aktuell. Rejektivattnet kommer istället att ledas direkt till bioreaktorerna.



Figur 3-5: Utformning av befintlig och ny anläggning för slambehandling vid Henriksdals reningsverk

Bland annat kommer tre nya skepp att sprängas ut i berget i anslutning till den nybyggda mottagningsstationen för externt fett. Dessa skepp kommer att inrymma de ovan beskrivna anläggningarna för förtjockning av överskottsslam och primärslam samt mottagning av matavfallsslurry och externt organiskt material (EOM, se Figur 3-5).

Den framtida slambehandlingen beskrivs närmare nedan.

3.8.2 Hantering och behandling av primärslam

Uttag, pumpning, utjämning och nya ledningar i Sicklaanläggningen

I Sickla förses varje bassäng i den nya försedimenteringsanläggningen med en pump av typen excenterskruvpump, som uppställs i underplan i nivå med slamfickornas botten. Varje bassäng har tre fickor. Slamuttaget sker så långt möjligt kontinuerligt med växling mellan fickorna. Slammet pumpas från fickorna till utjämnings-tankar i Sickla. På rörledningar från varje pump monteras TS-mätare. Dessutom förses varje pump med flödesmätare, tryckgivare och tryckvakt. Tankarna förses med omrörning och de två volymerna står i förbindelse med varandra via en lucka. Vid underhållsbehov kan luckan stängas så att volymerna kan

tömmas och servas oberoende av varandra. Dimensionerande data avseende primärslam för Sicklaanläggningen redovisas i Tabell 3-30.

Tabell 3-30: Dimensionerande data, primärslam, Sicklaanläggningen 2040

Parameter	Enhet	Värde
Anslutning, Sicklainloppet	pe	1126800
Total primärslamproduktion ¹⁾	kg TS/d	81400
Dimensionerande TS-halt vid Q _{max}	%	2
Primärslamflöde	m ³ /d	4080
Variation TS-halt	%	2-3
Primärslampumpar	st	10
Kapacitet per pump	m ³ /h	5-30
Utjämningsstankar	st	2
Volym per tank	m ³	250
Total volym	m ³	500
Uppehållstid i utjämningsstankar vid Q _{max}	h	ca 2
Överföringspumpar till Henriksdal	st	3
Kapacitet per pump	m ³ /h	110

¹⁾ Se Bilaga 1

Från utjämningsmagasinet pumpas slammet vidare via 2 överföringsledningar, med dimension DN200 till ny utjämningsvolym i nya bergutrymmet för primärslamförtjockning i Henriksdalsanläggningen, se nedan. Längden på varje pumpledning är ca 1400 m. Överföringsledningarna installeras i befintlig tunnel från Sickla till Henriksdal, där befintlig rötslamledning idag är dragen. Initialt används en av ledningarna tills kapacitetsbrist uppstår. Då tas den andra i bruk. Ledningarna sektioneras och förses med spolavstick och möjlighet att använda rensplugg. Befintlig rötslamledning behålls som reserv vid underhåll eller vid driftproblem.

Uttag, pumpning, utjämnning och nya ledningar i Henriksdalsanläggningen

I Henriksdal har primärslamhanteringen enligt tidigare genomförd utredning över primärslamssystemet legat till grund för förslaget vad gäller den tekniska utformningen uppdaterad med aktuella förutsättningar. Dimensionerande data avseende primärslam för Sicklaanläggningen redovisas i Tabell 3-31.

Tabell 3-31: Dimensionerande data, primärslam, Henriksdalsanläggningen 2040

Parameter	Enhet	Värde
Anslutning, Henriksdalsinloppet	pe	494500
Total primärslamproduktion ¹⁾	kg TS/d	35600
Dimensionerande TS-halt vid Q _{max}	%	3,5
Primärslamflöde	m ³ /d	1020
Variation TS-halt	%	3-3,5
Primärslampumpar	st	6
Kapacitet per pump	m ³ /h	3-20

¹⁾ Se Bilaga 1

Primärslampumpningen från försedimenteringen i Henriksdal sker huvudsakligen enligt följande:

Försedimenteringsbassängerna indelas i sex pumpgrupper med varsin frekvensstyrd pump som pumpar kontinuerligt från slamfickorna. Varje pumpgrupp pumpar från två bassänger (4 fickor) utom en pumpgrupp som pumpar från tre bassänger (6 fickor). Grupperna är valda utifrån bassängernas olika geometrier och belastningar. Pumpgrupperna kopplas rörmässigt samman två och två på pumparnas trycksida. På rörledning från varje pumpgruppspar monteras TS-mätare. Dessutom förses varje pump med flödesmätare, tryckgivare och tryckvakt.

Samtliga pumpar är av typen excenterskruvpump och placeras i underplanet under Centraltunnel 1 (TC1, i nivå med bassängbotten.

Pumpningen sker kontinuerligt från en och samma pumpgrupp, men inom varje pumpgrupp pumpas slam från en volym i taget. Gångtid och pumpfrekvens för respektive bassäng regleras automatiskt av styrsystem efter manuellt angivna börvärden för slamuttag för respektive slamficka.

Slam från varje pumpgruppspar ansluts till en gemensam samlingsledning, varifrån slammet pumpas upp till ny utjämningsvolym i det nya bergutrymmet för primärslamförtjockning. Två parallella samlingsledningar dras från pumpgrupperna till slamförtjockningen för att ge möjlighet till avställning och rensning av ledningarna. Ledningarna förses med spolavstick, avtappningar och möjlighet att använda rensplugg.

Primärslamförtjockning

Förtjockningsutrustning med tillhörande kringutrustning uppställs i nytt bergrum. Data om primärslamförtjockningsutrustningen presenteras i Tabell 3-32.

Tabell 3-32: Dimensionerande data, primärslamförtjockning 2040

Parameter	Enhet	Värde
Total primärslamproduktion	ton TS/d	117
VS-halt	%	75
VS-mängd	ton VS/d	88
Oförtjockat primärslam		
TS-halt	%	2,3
Primärslamflöde, medel	m ³ /d	5100
	m ³ /h	212
Primärslamflöde, max	m ³ /h	318
Förtjockat primärslam		
TS-halt	%	7
Avskiljningsgrad	%	98
Primärslamflöde	m ³ /d	1638
Utjämningsstankar, antal	st	2
Volym per tank	m ³	300

Parameter	Enhet	Värde
Total volym	m ³	600
Dimensionerande TS-halt vid Q _{max}	%	2,3
Uppehållstid, utjämnings-tankar vid Q _{max}	h	ca 2
Förtjockarenheter, antal	st	4
Kapacitet per enhet	m ³ /h	5-30
Redundans	st	1

Utrustningen består av 4 mekaniska förtjockare av typen bandförtjockare. Tre av maskinerna kan behandla 100 % av maxflödet och 1 maskin finns som reserv.

Bergutrymmet utrustas med en travers för in- och uttransport av utrustning.

För att undvika problem med trasor i slammet förses föravvattningsanläggningen med renskvarnar. Två renskvarnar installeras på recirkulationskrets på vardera pumpvolymen. Dessutom installeras en renskvarn före varje förtjockarenhet.

Från pumpvolymen beskickas förtjockningsenheterna med excenterskrupumpar som ställs upp i anslutning till pumpvolymerna. En pump försörjer en förtjockningsenhet via separat tryckledning.

Polymer doseras från ny polymeranläggning på berget, se flödesschema SFAR-56.

Förtjockat slam leds via störtschakt ned till slampumpar placerade i våning under förtjockningshallen. Pumparna pumpar slammet vidare till rötkamrarna. Ledningarna förses med spolavstick, avtappningar och möjlighet att använda rensplugg.

Avskilt vatten från förtjockarna och spolavloppsvatten leds med självfall till inkommande kanal före befintliga försedimenteringsbassänger.

Vid eventuella större driftproblem i förtjockningen avleds primärslam direkt från försedimenteringsfickorna till rötkammare.

3.8.3 Hantering och behandling av överskottsslam

Uttag och pumpning av överskottsslam

Överskottsslam tas ut från returslammet i respektive returslampumpstation. En överskottsslampump installeras i var och en av de sju biolinjerna, se avsnitt 3.5.5 ovan. Överskottsslammet pumpas sedan till ny pumpstation i tunnel TB1, dit också flytslammet leds.

En ny pumpvolym för icke förtjockat överskottsslam inryms i TB1. I anslutning till volymen installeras 5 st excenterskrupumpar.

Befintlig pumpvolym med tillhörande pumputrustning tas i framtiden ur drift.

Telferbalkar installeras i tunneln för att vid behov kunna lyfta ut pumparna.

Dimensionerande data avseende uttag och pumpning av överskottsslam framgår av Tabell 3-33. Överskottsslam kan också tas ut via flytslammet.

Tabell 3-33: Dimensionerande data avseende uttag och pumpning av överskottsslam

Parameter	Enhet	Värde
Total överskottsslamproduktion ¹⁾	kg TS/d	59000
Dimensionerande TS-halt	%	0,8-1,2
Överskottsslamflöde	m ³ /d	4900-7400
Överskottsslampumpar (en i varje biolinje)	st	7
Utjämningsstank (pumpvolym), antal	st	1
Volym, utjämningsstank	m ³	80
Pumpar från utjämningsstank	st	5
Redundans	st	1
Kapacitet per pump	m ³ /h	150
Total kapacitet	m ³ /h	750

¹⁾ Se Bilaga 1

Förtjockning av överskottsslam

Data om överskottsslamförtjockningen presenteras i Tabell 3-34.

Tabell 3-34: Dimensionerande data, överskottsslamförtjockning 2040

Parameter	Enhet	Värde
Total överskottsslamproduktion	ton TS/d	59
VS-halt	%	60
VS-mängd	ton VS/d	35
Oförtjockat överskottsslam		
TS-halt	%	0,8
Överskottsslamflöde, medel	m ³ /d	7375
	m ³ /h	307
Överskottsslamflöde, max (2*medel)	m ³ /h	614
Förtjockat överskottsslam		
TS-halt	%	6
Avskiljningsgrad	%	98
Överskottsslamflöde	m ³ /d	963
Utjämningsstankar (pumpvolym), antal	st	2
Volym per tank	m ³	275
Total volym	m ³	550
Dimensionerande TS-halt vid Q _{max}	%	0,8
Uppehållstid, utjämningsstankar vid Q _{max}	h	0,9
Förtjockarenheter, antal	st	7
Kapacitet per enhet	m ³ /h	85-105
Redundans	st	1

Från den nya pumpvolymen i tunneln TB1 pumpas överskottsslammet till ett nytt bergskepp för förtjockning av slammet ovanför försedimenteringsbassäng F06.

Två nya pumpledningar för slammet DN250 installeras i förbindelsetunnel TF2 och vidare över till det nya bergskeppet, ca 280 m ledningslängd. Ledningarna förses med spolavstick, avtappningar och möjlighet att använda rensplugg.

I det nya berggrummets underplan inryms två pumpvolymmer som förses med omrörare. Pumpvolymerna står i förbindelse med varandra via en lucka. Vid underhållsbehov kan luckan stängas så att en av volymerna kan tömmas. Pumpvolymerna förses med bottenavlopp.

Förtjockningsutrustning med tillhörande kringutrustning uppställs i det nya berggrummet. Utrustningen består av 7 förtjockarcentrifuger, där 6 av maskinerna kan behandla 100 % av maxflödet och 1 maskin utgör reserv.

Bergutrymmet utrustas med travers för in- och uttransport av utrustning.

Polymer doseras från ny polymeranläggning på berget (se tidigare förstudie).

Beskickningspumpar till centrifugerna (en pump per centrifug) uppställs i källarplan under centrifughallen, i anslutning till pumpvolymerna.

Förtjockat slam leds via störtchakt ned till slampumpar placerade i våning under centrifughallen. Genom denna utformning, tillsammans med rörsystemets konstruktion, bedöms antagna (höga) TS-halter kunna hanteras. Pumparna pumpar slammet vidare till rötkastrarna. Ledningarna förses med spolavstick, avtappningar och möjlighet att använda rensplugg.

Avskilt vatten och spolavloppsvatten leds med självfall till inkommande kanal före befintliga försedimenteringsbassänger.

Vid eventuella större driftproblem i föravvattningen avleds överskottsslam direkt från bassängerna tillbaka till inloppet.

3.8.4 Mottagning av matavfallsslurry

En ny mottagning för matavfallsslurry inryms i ett underplan i samma bergutrymme som slamutlastningen. Dimensionerande data för matavfallet presenteras i Tabell 3-35.

Tabell 3-35: Dimensionerande data för matavfallet 2040

Parameter	Enhet	Värde
Mängd	ton/år	48000
	ton/d	131
Dimensionerande TS-halt	%	30
TS-mängd	ton TS/år	14400
	ton TS/d	39,4
VS-halt	%	85
VS-mängd	ton VS/år	12240
	ton VS/d	33,5
Avskiljningsgrad, förbehandling	%	90
Levererad utspädd matavfallsslurry till Henriksdal		
TS-mängd	ton TS/år	12960
TS-halt	%	15
Flöde	ton/år	86400
Leverans under vardagar, 260 dagar/år	m ³ /d	332
Mottagningstankar (pumpvolym), antal	st	4
Volym per tank	m ³	190
Totalvolym	m ³	760
Pumpning till rötkammare, 365 dagar/år	m ³ /d	240
Pumpar från mottagningstankar	st	6
Redundans	st	4
Kapacitet per pump	m ³ /h	5
Total kapacitet	m ³ /h	30

Under golvet i slamutlastningshallen anordnas mottagnings- och lagringsvolymen samt uppställning av maskinutrustning.

Två par parallella volymer, dvs totalt 4 tankar inryms i berget. Vardera volymen är försedd med omrörning och en pumpgrop. Lossning av inkommande slurry sker via en slangkoppling till respektive volym. Mottagningen är inte anpassad för att öppna och spola rent bilarna.

I bottenplanet i utrymmet mellan de båda paren av buffertvolymen inryms två grupper om tre torruppställda pumpar varav två i reserv, vilka pumpar slurry vidare från pumpgroparna. I samma utrymme inryms även hiss och spiraltrappa samt ett lyftschakt.

Varje volym förses även med ett flertal luckor i bjälklaget för god åtkomst av botten delen. En kraftig sugbil används för att suga upp sedimenterat material och för att vid behov kunna inspektera volymerna. Fickorna behöver spolas och rensas regelbundet. Frekvensen beror på det inkommande materialets kvalitet.

Från tippfickorna pumpas slurryn direkt in till rötkammare i separat ledning. Rötkamrarna beskickas kontinuerligt 365 d/år (medelflöde 240 m³/dygn). Buffertvolymen rymmer alltså 3 dygns medelflöde till rötkammare.

Mängden matavfallsslurry, som levereras har producerats från 48 000 ton/år utsorterat matavfall med 30 % TS. 10 % bedöms avgå som rejekt vid förbehandlingen. Det innebär 86 400 ton slurry/år vid 15 % TS. Levererad mängd slurry motsvarar ca 332 m³/dygn vid en TS-halt av ca 15 % och leveranser antas ske under vardagar 260 d/år, via tankbil med släp, ca 30 m³/bil, vilket innebär 11 bilar per dygn.

I bergutrymmet finns två parallella körbanor för transporter. Förbindelsetunnelns sträckning (= förlängning av +TF5) fram till bergskeppen medger tillräcklig svängradie för fordonen. Bergutrymmet förses med trafiksignaler på samma sätt som idag och slam- och fettslamtransporter samt övrig trafik samordnas för att klara logistiken. Antalet leveranser bedöms medge sådan samordning under förutsättning att vissa leveranser kan ske kvälls- och nattetid. Slangkopplingarna för matavfall bör vara av annan typ eller dimension än EOM för att undvika feltömning.

Ny fordonsväg för leveranser installeras på lämplig plats i förbindelsetunneln. Hänser tas till alla trafikerörelser.

3.8.5 Mottagning av övrigt externt organiskt material (EOM)

En ny mottagningsstation för annat externt organiskt material placeras i samma bergutrymme som mottagningen av matavfallsslurry. Mottaget externt organiskt material utgörs av pumpbara, rena substrat såsom glycerol samt restprodukter och avfall från biodiesel-, etanol- och livsmedelsproduktion. Tankarnas placering i berg förutsätter att endast icke-brandfarliga material tas emot.

Dimensionerande data avseende EOM presenteras i Tabell 3-36.

Tabell 3-36: Dimensionerande data för EOM 2040

Parameter	Enhet	Värde
Mottagningstankar (pumpvolym), antal	st	2
Volym per tank	m ³	100
Totalvolym	m ³	200

Bergutrymmet förses med pumpledningar. Vid leverans ansluter tankbil direkt till pumpledningen via en slangkoppling. Materialet pumpas direkt till lagringstank.

I underplanet uppställs två isolerade, värmda och omrörda ståltankar för lagring av de inkommande substraten. Befintliga körbanor (samma som för slambilar och matavfallsleveranser) nyttjas för leveranser av EOM. Logistiken klaras genom att det finns två parallella körbanor. Antalet leveranser av externt organiskt material kommer att variera beroende på substrat.

Från lagringstankarna pumpas substrat direkt till rötkammare i separat ledning.

3.8.6 Rötning

Inledning

Erforderlig ombyggnad av rötkammaranläggningen vid Henriksdals reningsverk har utretts ingående under tidigare utredningsfaser och förutsättningarna har presenterats ovan i avsnitt 3.8.1. Den slutligen valda lösningen för rötning omfattar huvudsakligen följande:

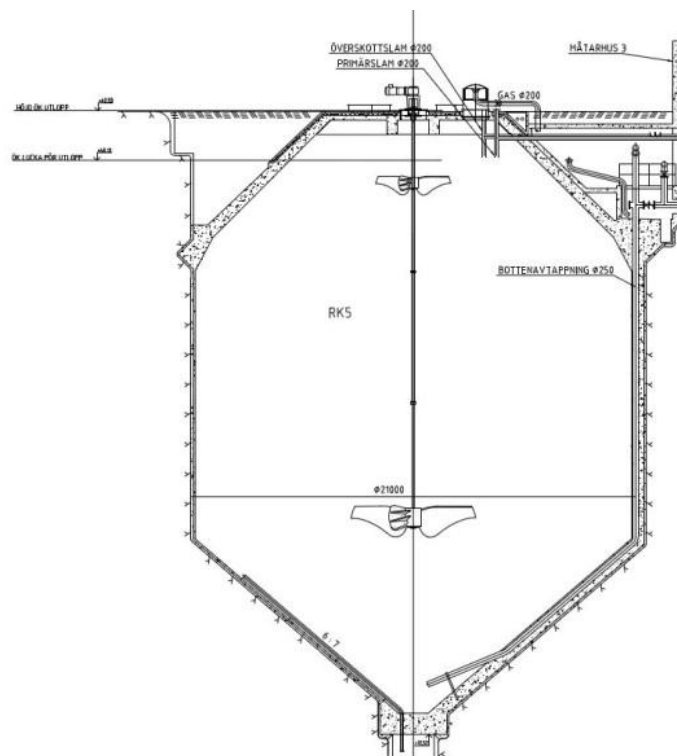
- Röttningsprocessen ställs om till termofil rötning genom att temperaturen höjs från dagens ca +37°C till ca +55°C;
- Uppvärmning och värmeåtervinning sker med värmepump; och
- Hygienisering sker genom att rötslamtank 2 byggs om till en gastät hålltank för att tillgodose förväntade framtida hygieniseringskrav. Även rötslamtank 1 kommer att byggas om och sektioneras för att skapa ytterligare kapacitet.

Samtliga 7 rötkammare förses med nya toppmonterade omrörare för att klara den nya, högre TS-halten i inkommande slam- och substratflöde.

Nya slamledningar, DN350, installeras för såväl beskickning av slam som för rötslamuttag. Överskottsslam, primärslam, fettslam, matavfallsslurry och annat externt organiskt material pumpas in till rötkammare i separata ledningar.

Samtliga slam- och rejektvattenledningar förses med sektionering, spolavstick, avtappningar och polypeganslutningar.

Rötkamrarnas befintliga konstruktion, inneslutna i berg, se Figur 3-6, gör det tekniskt mycket svårt och medför stora risker att införa någon typ av plastavdrag varför någon sådan lösning inte inkluderas. Istället skall höga kvalitetskrav ställas på matavfallsslurryn med avseende på plastinnehåll.



Figur 3-6: Sektion av befintlig rötkammare i berg

Termofil rötning

Tidigt under arbetet med förstudien konstaterades att befintliga 7 rötkammare med totala volymen 38400 m³ klarar den planerade ökade belastningen fram till minst år 2022, under förutsättning att slammet förtjockas kraftigt. Den hydrauliska belastningen identifierades som den begränsande faktorn. Erforderlig uppehållstid för rötningen bedömdes till minst 15 dygn vid mesofil rötning.

Alternativet att ställa om processen till termofil rötning identifierades som ett intressant alternativ att undersöka vidare eftersom erforderlig uppehållstid för slam då kan förväntas minska till ca 12-14 dygn. Processen skulle då även kunna utformas för att klara eventuella kommande hygieniseringskrav. Eventuell matavfallsslurry kommer dock sannolikt inte att vara fullt utrötad, då denna kräver längre uppehållstider (ofta ca 20-25 dygn). Dimensionerande data för den termofila rötkammaranläggningen presenteras i Tabell 3-37.

Tabell 3-37: Dimensionerande data för den framtida termofila rötkammaranläggningen

Parameter	En- het	Primär- slam	Överskotts- slam	Fett och EO M	Matav- fall	To- talt
Till förbehandling						
Flöde	m ³ /d	5100	7375	137	131	12743
	m ³ /h	212	307	6	5	530
TS-halt	%	2,3	0,8	5	30	
TS-mängd	ton TS/d	117	59	7	39	222
VS-halt	%	75	60	95	85	
VS-mängd	ton VS/d	88	35	6,5	33,5	163
Avskiljnings- grad	%	98	98	-	90	
Efter förbehandling in till rötning						
TS-mängd	ton TS/d	114	58	7	36	215
TS-halt	%	7	6	5	15	
Flöde	m ³ /d	1638	963	137	240	2980
VS-halt	%	75	60	95	85	
VS-mängd	ton VS/d	85	35	7	30	157
Uppehållstid, rötning 2040	d					12,9

Förbehandlingen av matavfall sker inte på Henriksdals reningsverk utan på annan plats. Färdig matavfallsslurry transporteras till Henriksdal från förbehandlingsanläggning i tankbilar.

Vald processlösning med termofil rötning förutsätter att primärslammet förtjockas till 7 % och överskottsslammet till 6 % TS. I de fall dessa TS-halter inte uppnås underskrids begränsningen på 15 dygn vid mesofil drift redan år 2019, då även avloppsvattnet från Bromma reningsverk förväntas tillkomma.

Förändringen i temperatur bör ske gradvis för att de termofila organismerna ska hinna växa till, medan de mesofila organismerna gradvis kommer att slås ut eller inaktiveras av den ökande temperaturen. En höjning med ca 0,5 grader per dygn har använts vid flera anläggningar som ställt om från mesofil till termofil drift.

Uppvärmning

För att ställa om rötningsprocessen från mesofil till termofil rötning krävs ett antal tekniska förberedelser vid anläggningen. Som ett första steg måste det erforderliga effektbehovet och tillgänglig effekt beräknas och värmesystemet anpassas. Att

värmesystemet klarar höjningen i temperatur – med marginal för värmeförluster – är naturligtvis den största frågan.

Rötslammet värms idag upp med fjärrvärme som tillförs på vanligt sätt via värmewäxling på cirkulationsslingan till varje rötchammare. I anslutning till varje rötchammare finns två parallellkopplade värmewäxlare för uppvärmning.

Dygnsnedelflödet av rötslam är idag ca 100 m³/h och förväntas ha ökat till 124 m³/h år 2040, se Tabell 3-37. Variationerna över året kan dock vara stora vilket har stor betydelse vid dimensioneringen.

Rötslammet värms idag till 37 °C med fjärrvärme, vilket kräver ca 3 MW. I fallet 124 m³/h och +55°C krävs över dubbla effekten, 6,5 MW. Till detta kommer uppvärmning av hygieniseringstanken på ca 1 MW, se nedan, vilket totalt ger ett värmebehov av ca 7,5 MW.

Fortsatt användning av fjärrvärme för uppvärmning av rötchammarna i framtiden vid termofil rötning har under de inledande utredningsfaserna befunnits oekonomiskt och oframkomligt av olika orsaker och istället har anläggandet av en värmepump-anläggning föreslagits

För att klara leverans av erforderliga 7,5 MW värme med en värmepumpsanläggning behövs en värmekälla som kan ge 5-5,5 MW beroende på anläggningens COP (värmefaktor). För att klara det från rötslam med temperatur +56°C skulle temperaturen behöva sänkas till ca +17°C-18°C, dvs betydligt lägre än aktuell rötslamtemperatur (min +22°C) på utgående slam. Omkring 0,7 MW saknas. En del av detta kan fås via kylbatterier som kyler luften i de varma tunnarna men det kommer ändå att fattas effekt. Ytterligare värmekällor som finns tillgängliga är inte minst värme från blåsmaskinerna och renat avloppsvatten (RAV). Erforderlig plattvärmewäxlare för RAV ställs upp i samma utrymme som värmepumparna och kopplas in på den gemensamma kylkretsen.

Inkopplingen av värmepump för värmeåtervinning från rötslam framgår av flödeschema SFAR-69.

Fyra värmepumpsaggregat, vardera på 2 MW värmeeffekt, installeras i markplan i utrymmet för gamla grovreningen. Värmepumparna ställs upp på fundament och förses med vibrationsdämpning.

Total värmepumpskapacitet bedöms bli ca 8 MW. Här ligger då viss reservkapacitet för att täcka upp variationer i behovet men också för osäkerhet om totalt värmebehov.

Värmepumpsanläggningen byggs in i ett nytt separat rum i det som var containerhallen, som förses med bullerdämpning och lyftanordningar. Rummet ansluts till ventilationssystemet. Katastrofventilation installeras för att hantera eventuellt ammoniakläckage.

Befintlig varmvattenledning till rötkammare 1 och 2 ansluts till den ledning som idag går till RK 3-7 så att en gemensam ledning erhålls för leverans av varmvatten till samtliga rötkammare. Eventuell ökad rördimension för varmvattnet beror på slutligt val av värmepumpsaggregat och ingår i kommande systemoptimering.

Värmepumparna är av typen skruvkompressoraggregat med ammoniak som köldmedium. Ammoniak är giftigt och behöver hanteras med försiktighet. Värmepumparna inkopplas enligt bilagt flödesschema SFAR-69. Inkopplingen innebär att det aggregat som levererar den högsta varmvattentemperaturen använder den högsta kyltemperaturen, osv. Värme levereras till rötkamrarna i sekvens på samma sätt som idag.

Befintliga värmeväxlare och recirkulationspumpar bedöms ha tillräcklig kapacitet och nyttjas fortsättningsvis som idag med uppvärmning på rötkamrarnas recirkulationsslinga. Det är dock möjligt att värmeväxlarna behöver kompletteras beroende på slutligt val av systemutformning.

Temperaturen i tunnlarna under rötkamrarna är redan idag hög och kommer att öka ytterligare när rötningstemperaturen höjs. Kylbatterier med eller utan fläktar installeras i tunnlarna och ansluts till värmepumpens kylkrets. Kylbehovet är inte känt idag men uppskattas till <100 kW.

Slamflödet varierar under året och under vissa perioder kan det finnas behov av ytterligare en värmekälla. Utnyttjandet av RAV kan då också användas som buffert vid variationer i rötslamsflöde. Kortvariga fluktuationer kring medelvärdet kan hanteras utan extra värmekälla men om det handlar om dagar behövs spetsvärme.

Befintliga gaspannor kopplas in som spetsvärme för att vid behov höja levererad värmeeffekt efter värmepumparna. Värmeväxlarkapaciteten för kylning av utgående rötslam måste förstärkas jämfört med de befintliga. Nya kylvärmeväxlare uppställs i samma utrymme som befintliga överskottsslamcentrifuger. Några möjligheter att värma ventilationsluft med värme från rötslammet finns inte eftersom det föreligger ett underskott på värme i rötslammet.

Hygienisering

Den termofila röttningsprocessen innebär inte bara fördelen av en snabbare rötning utan har även en hygieniserande effekt. I förslaget till "Hållbar återföring av fosfor", Naturvårdsverkets redovisning av ett uppdrag från regeringen, föreslås att värmebehandlingen genom termofil rötning, temperatur +55°C skall vara en godkänd hygieniseringsmetod för avloppsslam.

Vid dimensionering av hygieniseringssteget har mängderna primärslam och överskottsslam båda beräknats med säkerhetsfaktor 1,5 jämfört med säkerhetsfaktorn 2,0 för överskottsslam före förtjockning. Den lägre säkerhetsfaktorn motiveras av att slammängderna är väsentligt mindre efter förtjockning..

För att hygieniseringskraven skall uppfyllas måste alltså termofil rötning ske under en 8-timmarsperiod, då slam varken tillförs eller tas ut ur reaktorn. Detta åstad-

koms genom att skapa en hålltid efter rötningen. Med dimensionerande slamflöde blir erforderlig volym efter rötning totalt ca 1500 m³. För att få kontinuerlig drift krävs då totalt tre volymer à 1500 m³, där en volym påfylls, en volym hygieniserar, och en volym töms.

Uppehållsvolymererna inryms i slamtank 2, som har en volym av ca 4500 m³, se Figur 3-5.

Tanken sektioneras i tre sektioner à 1500 m³ genom att nya betongväggar gjuts i tanken. Väggarna anpassas för att klara ensidigt vattentryck. Hörnen rundas av med stålplåtar för att underlätta omrörningen. Tanken görs gastät genom att den förses med gastätt tak samt ansluts till gassystemet via ny rörledning DN150. Tryckutjämning sker kontinuerligt genom att de tre delarna töms och fylls samtidigt, samt även genom anslutningen till gassystemet.

Tanken förses med jetomrörning för att hålla den homogen. 6 jetdysor installeras per sektion. För att säkerställa att temperaturen +55°C hålls i tanken ansluts värmeväxlare för varmhållning. Pumpar för jetomrörning och värmeväxlare ställs upp i befintligt utrymme för överskottslamcentrifuger mellan tunnlarna TT2A och TT2B. I samma utrymme uppställs även kylvärmeväxlare för utgående slam från hålltanken, vilket växlas mot värmepumparna.

Rötslammet pumpas efter kylning vidare till befintlig slamtank 1, även den med volymen 4500 m³. Också denna byggs om med gastätt tak som ansluts till gassystemet. Genom sektionering kan även denna tank användas till hygienisering.

Tanken förses med toppmonterad omrörare för homogenhållning av slammet före avvattning.

6 nya rötslampumpar, vardera med kapaciteten 30-50 m³/h, installeras i befintligt bergutrymme nära röt-kammare 6 för att pumpa rötslam till slutavvattning. Tryckledning för rötslammet dras via samlingstunnel TS1 vidare till nya bergtunneln via ett rörschakt och vidare via schakt vid silos till nya slamavvattningsbyggnaden på berget.

3.8.7 Avvattning och utlastning av rötslam

För slutavvattning samt slamutlastning av rötat slam anläggs ett nytt bergrum samt en ny byggnad på berget. Bergrummet förbinds med den ovanpåliggande byggnaden via ett större bergschakt.

Dimensionerande data för slamavvattningen presenteras i Tabell 3-38.

Tabell 3-38: Dimensionerande data för slamavvattningen 2040

Parameter	Enhet	Värde
Avvattningscentrifuger		
Antal centrifuger	st	6
Redundans	st	2
Kapacitet per centrifug	m ³ /h	40
Total kapacitet	m ³ /h	240
Drifttid	h/d	20
Avskiljningsgrad	%	99
Torrslamsilos	st	6
Kapacitet per silo	m ³	250
Total kapacitet	m ³	1500
Oavvattnat rötslam		
Rötslamflöde, medel	m ³ /d	2980
Rötslamflöde, max (1,5*medel)	m ³ /d	4470
TS-halt	%	4,6
TS-mängd, medel	ton TS/d	137
VS-halt (av TS)	%	58
VS-mängd, medel	ton VS/d	79
Avvattnat rötslam		
Rötslamflöde, medel	m ³ /d	450
TS-halt	%	30
TS-mängd, medel	ton TS/d	135
VS-halt (av TS)	%	58
VS-mängd, medel	ton VS/d	78
Polymerhantering, slutavvattning		
Polymerförbrukning, dos	kg/ton TS	6-10
Polymerförbrukning, mängd vid medelförbrukning	kg/d	800-1400
Storsäcksbord, antal	st	4
Beredningstankar, antal	st	4
Beredningstankar, kapacitet per tank	m ³	20
Beredningstankar, total kapacitet	m ³	80
Doseringstankar, antal	st	2
Doseringstankar, kapacitet per tank	m ³	30
Doseringstankar, total kapacitet	m ³	60
Polymerhantering, föravvattning, primärslam		
Polymerförbrukning, dos	kg/ton TS	5
Polymerförbrukning, mängd vid medelförbrukning	kg/d	600
Storsäcksbord, antal	st	3
Beredningstankar, antal	st	3
Beredningstankar, kapacitet per tank	m ³	15
Beredningstankar, total kapacitet	m ³	45
Doseringstankar, antal	st	2
Doseringstankar, kapacitet per tank	m ³	20
Doseringstankar, total kapacitet	m ³	40
Polymerhantering, föravvattning, överskottsslam		
Polymerförbrukning, dos	kg/ton TS	7,5

Parameter	Enhet	Värde
Polymerförbrukning, mängd vid medelförbrukning	kg/d	440
Storsäcksbord, antal	st	3
Beredningstankar, antal	st	3
Beredningstankar, kapacitet per tank	m ³	15
Beredningstankar, total kapacitet	m ³	45
Doseringstankar, antal	st	2
Doseringstankar, kapacitet per tank	m ³	20
Doseringstankar, total kapacitet	m ³	40

I den nya byggnaden inryms komplett avvattningsutrustning för rötslam. I bergschaktet, direkt under avvattningen, installeras 6 torrslamsilos med utmatningssystem, uppdelade på två linjer utlastning med tre silos i varje linje. Total volym uppgår till 1500 m³, vilket motsvarar en uppehållstid av tre dygn vid medelflödet 450 m³/d. Underliggande bergrum förses med två körbanor och slamutlastning till lastbil sker direkt under silos. Utlastning av slam kan ske från båda linjerna samtidigt. Transportbehovet är ca 15 bilar/dygn. Avvattningsutrustningen består av avvattningscentrifuger som släpper avvattnat slam via störtschakt direkt ner i silos. Varje centrifug matas med separat frekvensstyrd excenterskruvpump. Fyra centrifuger klarar medelflödet och två centrifuger utgör reserv, som dessutom kan användas under perioder när man måste öka kapaciteten för att tömma rötslamlagren. Varje centrifug kan via spiraltransportör mata två silos. All gasförande utrustning EX-klassas. För slamavvattningen innebär det huvudsakligen torrslamsilos. Polymerutrustning placeras i ett eget utrymme i anslutning till centrifugbyggnaden. Även polymerutrustning för föravvattning placeras i detta utrymme.

Polymerutrustningen utgörs av storsäcksbord utrustade med telfer, fläkt, doserskruv och pulverficka samt beredningstankar med vätningsanordning, omrörare och automatventiler och doseringstankar. Dosering sker med excenterskrumpumpar till respektive avvattningsenhet.

Polymerutrustningen för föravvattning av överskottsslam och primärslam är identiska, se flödesschema SFAR-56.

3.8.8 Gassystem

När rötkamrarna belastats maximalt inkluderande maximala mängder slam från Bromma och Henriksdal, externt organiskt material Nm³/h till ca 3700 Nm³/h eller 31 miljoner Nm³/år.

Dimensionerande gasflöde för gassystemet är 4700 Nm³/h. Differensen från medelgasflöde upp till max är ca 550 Nm³/h år 2012-2013. Denna variation antas vara dubblerad då slammängderna dubblas. Det dimensionerande flödet väljs därför ca 1100 Nm³/h högre än medelflödet för att kunna klara variationer i gasflödet från de olika rötkamrarna.

Befintligt gassystem har redan i dag trånga sektioner och kapacitetsbrist kan förväntas när gasproduktionen ökar kraftigt. Ombyggnad av befintligt system under drift är dock förenat med stora svårigheter och risker. För att klara framtida dimensionerande gasflöden och samtidigt klara säkerheten och leveransåtaganden under ombyggnationen måste ett helt nytt system byggas.

Det nya gassystemet byggs oberoende av befintligt gassystem och kopplas in när det är färdigbyggt. Det förläggs huvudsakligen utomhus och ovan mark på berget.

Utgångspunkten för det framtida gassystemet har varit att all producerad gas leds från respektive röt-kammare via gasklockan för kondensation av gasens vatteninnehåll och för utjämning. På lågpunkter anordnas ytterligare kondensatavtappning samt slamfällor.

Ledningar i stål placeras på rörstöd, och vid korsning av vägar inom området läggs de på broar minst 470 cm ovan vägytan. Nya gasflödesmätare, en per röt-kammare, placeras i respektive mätarhus.

Ledningarna läggs med lutning så att kondensahantering sker i mätarhusen och i gasklockan.

Befintlig gasklocka är av typen flytande gasklocka, vilket är en robust konstruktion med en rörlig ståltopp ovanpå en betongvolym (nyttig gasvolym 4000 m³).

Anslutningen mellan stål och betong görs gastät med ett vattenlås. Klockan ligger djupt nedsprängd i berg vilket är fördelaktigt ur temperatursynpunkt och även för att klockan som byggnadsstruktur inte blir så dominerande på berget.

Gasklockans betongkonstruktion renoveras och ståldelen blästras och målas utvändigt, samt kläs invändigt med syrafast plåt. Nya anslutningsledningar till gasklockan byggs.

Under ombyggnationen leds gas till en temporär volym om ca 1000 m³ av typen dubbelmembranklocka med luftfläktar för tryckhållning. Den temporära klockan monteras på betongplatta under byggtiden.

Idag finns två befintliga facklor med den totala kapaciteten 2000 Nm³/h.

Erforderliga framtida maximal facklingskapacitet är ca 5000 Nm³/h. Detta innebär att de befintliga facklorna har för låg kapacitet och kapaciteten måste utökas. För att få en bra drift bedöms att två facklor, en med kapacitet ca 4000 Nm³/h och en med kapacitet ca 1000 Nm³/h behövs. Befintliga gasfackla 2, med kapacitet ca 1000 Nm³/h kommer renoveras och befintliga gasfackla 1 kommer ersättas med en ny fackla med kapacitet ca 4000 Nm³/h. Facklorna placeras på samma plats som befintliga och installation/åtgärd kommer ske etappvis.

Producerad biogas kan innehålla siloxaner som måste tas bort före användning av gasen som fordonsgas. Rening av siloxaner kan ske med någon typ kolfilter vid gasuppgaderingen, men ingår inte detta projekt.

All biogas ska uppgraderas till fordonsbränsle. Vid driftstopp i gasuppgraderingen leds gas i stället till gaspannor och gasmotorer för produktion av el och värme, i sista hand facklas gas.

3.9 Gasuppgradering

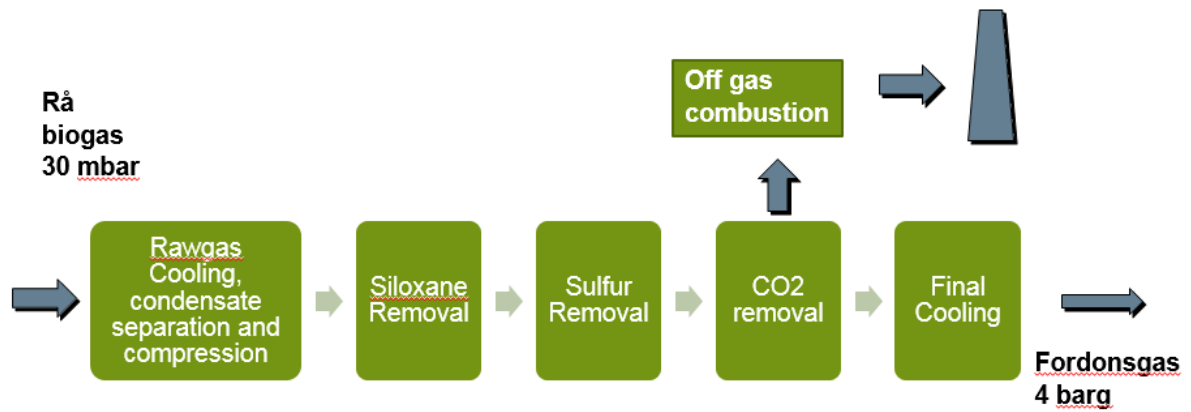
Uppgraderingen av rötgas görs av en annan verksamhetsutövare (Scandinavian biogas) i Stockholm Vattens anläggningar.

Uppgradering av biogas i Henriksdal innebär att behandla den råa biogasen från rötkamrarna på ett sådant sätt att produkten uppfyller standarden som gäller för fordonsgas i Sverige. I praktiken betyder det att avskilja de ämnen från den råa biogasens om antingen kan vara skadliga för en bilmotor eller helt enkelt inte bidrar till bränslevärdet. De ämnesgrupper man idag avskiljer är främst koldioxid samt mindre mängder svavelväte

I Henriksdal finns två linjer baserat på vattenskrubber teknik där koldioxiden absorberas i vatten vid ett högre tryck och desorberas vid ett lägre tryck. Med den avskilda koldioxiden följer en mindre mängd metan, så kallat metanslip utrustning finns för att destruera metanet innan restgasen släpps till atmosfär via den stora skorstenen på platsen.

Under 2015 håller en tredje uppgraderingslinje på att byggas. Denna bygger på att de oönskade ämnena adsorberas på aktivt kol i en trycksatt tank fylld med kol. Tekniken kallas PSA, *Pressure Swing Adsorption*, då även i detta fall ämnen adsorberas på kolet vid ett högre tryck och när en tank med kol har tagit upp all koldioxid den kan så får man koldioxiden att släppa från kolet genom att sänka trycket, den därvid bildade restgasen med främst koldioxid och små mängder metan förbränns i en därför avsedd enhet och rökgaserna från denna enhet leds till den befintliga stora skorstenen. Den nya anläggningen är förberedd för att lättare kunna tillgodose förväntade framtida krav på fordonsgas, såsom avskiljning av siloxaner.

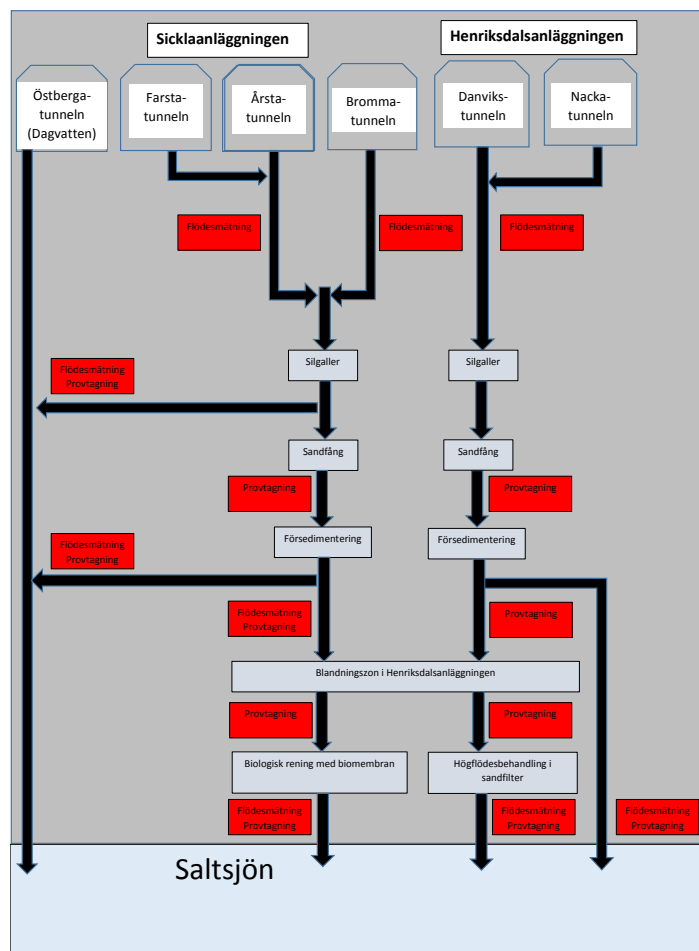
Reningssekvensen för den tredje linjen är inkluderad nedan såsom blockschema. Uppgraderad gas lämnar området i gasledningar som dels går till SL:s depå på söder och dels till Stockholm Gas nät för högvärdig gas i området. För att kunna upprätthålla den leveranssäkerheten till SL som krävs för att inte bussarna ska drabbas av bränslebrist så finns på plats i Henriksdal två tankar med upp till cirka 100 ton LNG (*Liquified Natural Gas*, flytande naturgas) vilka används som reserv till biogasen.



Schematisk beskrivning av tredje biogasuppgraderingslinje under byggnad.

3.10 Provtagning och mätning

Avloppsvattnets och slammets flöden och sammansättning kommer även i framtiden att mätas och registreras. Föreslagna punkter för flödesmätning och provtagning av vattenfasen redovisas Figur 3-7.



Figur 3-7: Framtida flödesmätning och provtagning vid Henriksdals reningsverk

Flödet kommer att registreras i de redovisade punkterna med kontinuerliga flödesmätare och prover kommer att tas flödesproportionellt med automatiska provtagare.

Följande analyser kommer att utföras av avloppsvattnet, se Tabell 3-39

Tabell 3-39: Analyser av avloppsvatten

Parameter	Enhet	In	Ut	Antal analyser per år
Suspenderade ämnen (d)	mg/l	X	X	52
Biokemisk syreförbrukning, BOD₇ (d)	mg/l	X	X	52
Totalt organiskt kol, TOC (v)	mg/l	X	X	52
Totalfosfor (v)	mg/l	X	X	52
Fosfatfosfor (d)	mg/l	X	X	52

Parameter	Enhet	In	Ut	Antal analyser per år
Totalkväve (v)	mg/l	X	X	52
Ammoniumkväve + org. kväve (v)	mg/l	X	X	52
Ammoniumkväve (v)	mg/l	X	X	52
Nitratkväve (v)	mg/l	X	X	52
Bly (v)	µg/l		X	12
Järn (v)	µg/l		X	12
Kadmium (v)	µg/l		X	12
Kobolt (v)	µg/l		X	12
Koppar (v)	µg/l		X	12
Krom (v)	µg/l		X	12
Kvicksilver (v)	µg/l		X	12
Mangan (v)	µg/l		X	12
Nickel (v)	µg/l		X	12
Silver (v)	µg/l		X	12
Zink (v)	µg/l		X	12
Aluminium (v)	µg/l		X	12
Arsenik (v)	µg/l		X	12
Bor (v)	µg/l		X	12
Molybden (v)	µg/l		X	12
Vanadin (v)	µg/l		X	12

(d) dygnsprov

(v) veckoprov

När det gäller avvattnat rötslam kommer följande analyser att utföras, se Tabell 3-40.

Tabell 3-40: Analyser av avvattnat rötslam

Parameter	Enhet	Antal analyser per år
Avvattnat rötslam	ton	52
Torrsubstanshalt	%	52
Mängd torrsubstans	ton	52
Glödrest	% av TS	52
Bly	mg/kg TS	12
Järn	g/kg TS	12
Kadmium	mg/kg TS	12
Kobolt	mg/kg TS	12
Koppar	mg/kg TS	12

Parameter	Enhet	Antal analyser per år
Krom	mg/kg TS	12
Kvicksilver	mg/kg TS	12
Mangan	mg/kg TS	12
Nickel	mg/kg TS	12
Silver	mg/kg TS	12
Zink	mg/kg TS	12
pH	-	12
Totalfosfor	% av TS	12
Totalkväve	% av TS	12
Ammoniumkväve	% av TS	12
4-Nonylfenol	mg/kg TS	12
PCB 28	mg/kg TS	12
PCB 52	mg/kg TS	12
PCB 101	mg/kg TS	12
PCB 118	mg/kg TS	12
PCB 138	mg/kg TS	12
PCB 153	mg/kg TS	12
PCB 180	mg/kg TS	12
Fluoranten	mg/kg TS	12
Benso (b) fluoranten	mg/kg TS	12
Benso (k) fluoranten	mg/kg TS	12
Benso (a) pyren	mg/kg TS	12
Benso (ghi) perylen	mg/kg TS	12
Indeno (1,2,3-cd) pyren	mg/kg TS	12

3.11 Installationer för VVS

3.11.1 Inledning

Syftet med att uppföra effektiva ventilationsanläggningar vid Henriksdals- och Sicklaanläggningarna är främst att:

- hindra att den dåliga lukten sprids till omgivningen;
- omhänderta tillförd processluft;
- garantera en bra arbetsmiljö.

En luktutredning har genomförts där behovet av luktrensning fastställts. Både Henriksdals- och Sicklaanläggningen kommer att sättas i undertryck och all luft kommer att evakueras genom de båda befintliga skorstenarna. Även Brommatunneln ventileras förutom i Smedslätten även i Sicklaanläggningen via befintlig skorsten.

3.11.2 Omfattning av framtida VVS-anläggning

Sicklaanläggningen byggs ut för att innefatta både grovrening och försedimentering. Befintliga VVS-installationer är föråldrade och byts ut. I Henriksdalsanläggningen som byggs ut och byggs om finns VVS-installationer av olika ålder som ska integreras med den nya anläggningen.

Till Sicklaanläggningen behövs nya luftintag. Från avloppsvattenpumparna i pumpstationen för avloppsvatten från Brommatunneln avgår värme som måste kylas bort med hjälp av kylvattensystem och kylmaskiner. System för värme och värmeåtervinning kommer att demonteras och nya utökade system installeras.

Antalet tilluftsaggregat som försörjer **Henriksdalsanläggningens vattenreningsdelar** är tillräckligt redan idag trots det utökade behovet av processluft i den nya membranläggningen. Endast ett av tilluftsaggregaten behöver utökas för att tillgodose anläggningens nya behov.

Ett nytt kylsystem behöver installeras på grund av värmelaster från ny utrustning för vattenreningsprocessen. Fjärrvärmebehovet för uppvärmning av ventilationsluft bedöms inte öka eftersom det finns möjlighet att bygga ut system för värmeåtervinning.

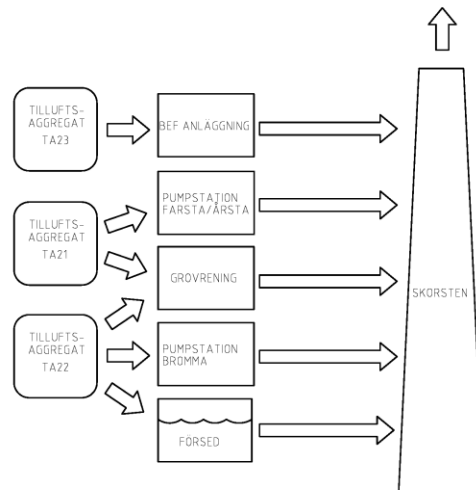
Tilluft till de nya **utrymmena för slamhantering** tas in via en ny byggnad på Henriksdalsberget. Större delen av frånluften från dessa delar renas med avseende på lukt. Ett relativt stort utrymme behövs för placering av luktreningssystem. Den typ av anläggning, som förordas för rening av lukt är photox och kolfilter.

Frånluften leds kanalansluten genom tunneln TT9 upp till det övre påslaget där ny kulvert för ventilationsluft kommer att anläggas mellan tunnelmynning och skorstenen.

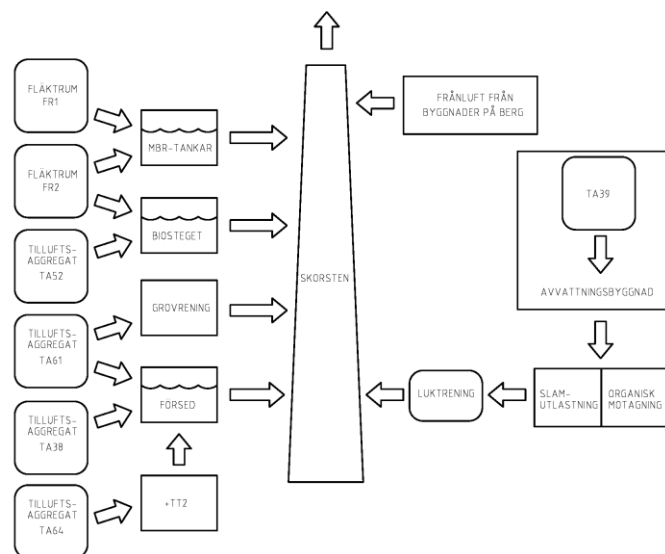
Nya markkulvertar på berget är nödvändiga även för värme, värmeåtervinning och kallvatten.

All frånluft från båda anläggningarna avleds via befintliga skorstenar.

Principskisser för ventilationssystemen inklusive luktrening i Sickla- och Henriksdalsanläggningarna presenteras nedan i Figur 3-11 och Figur 3-12.



Figur 3-8: Principskiss över ventilationssystemet i Sicklaanläggningen



Figur 3-9: Principskiss över ventilationssystemet i Henriksdalsanläggningen

3.12 Installationer för el

3.12.1 Inledning

Viktiga förutsättningar och krav avseende kommande elinstallationer vid Henriksdals- och Sicklaanläggningarna är främst att:

- garantera en säker kraftförsörjning;
- implementera matning av kraft från två olika håll i de båda anläggningarna;
- installera reservkraft för strategiska anläggningsdelar.

3.12.2 Uppbyggnad av framtida kraftförsörjningsanläggning

Befintlig inmatning från kraftleverantörerna kommer inte att klara prognostiserat effektbehov i fullt utbyggd reningsverk. Henriksdals- och Sicklaanläggningarna försörjs med elkraft från nätägaren Nacka Energis och Fortums lokalnät, 12kV, med två stycken kraftmatningar. Nätägarens kabelförband förläggs och ansluts till anläggningen via två skilda vägar till anläggningarna. Detta ökar driftsäkerheten och minimerar risken för avbrott i anläggningen.

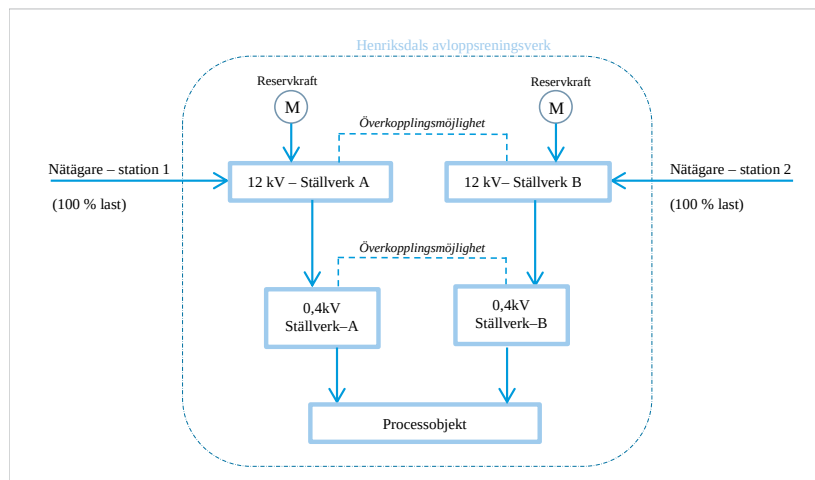
Nya kraftmatningar anordnas med kapacitet att klara de belastningar som kommer att uppstå enligt projektets ökade behov samt även ett visst reservutrymme för kapacitetshöjning under anläggningens livslängd.

Matning till respektive mellanspanningsställverk ska ha full redundans vilket innebär att varje matning ska kunna kraftförsörja hela anläggningen (100 % last).

Under projekteringen kommer ekonomisk dimensionering att beaktas vid val av utrustning. Det gäller t ex lågförlusttransformatorer, lågenergimotorer, lågenergibelysning etc.

Ny reservkraft och nya dieselaggregat (M) ska installeras och dimensioneras till utvald strategisk utrustning som krävs för att anläggningen ska klara att pumpa igenom inkommande vatten samt nödvändiga funktioner som ventilation och belysning.

En principskiss för framtida kraftförsörjning vid Henriksdals reningsverk presenteras i Figur 3-13. Principerna gäller både för Henriksdals- och Sicklaanläggningen



Figur 3-10: Principskiss för framtida kraftförsörjning vid Henriksdals reningsverk

En mer detaljerad genomgång av gällande lagstiftning samt beskrivning av erforderliga investeringar avseende ställverk, reservkraft, kablar, kanalisation, brandlarm och brandsäkerhet mm redovisas i genomförda förstudier, se Tabell 1-1 och Tabell 1-2.

3.13 Installationer för automation

3.13.1 Inledning

Det framtida automationssystemets utformning vid Henriksdals- och Sicklaanläggningarna kommer att projekteras utifrån följande förutsättningar och krav:

- god drift- och funktionssäkerhet;
- god säkerhet och arbetsmiljö;
- fullgott egendomsskydd;
- god kvalitet, flexibilitet och kostnadseffektivitet;
- aktuell miljöpåverkan;
- god energieffektivisering.

3.13.2 Uppbyggnad av framtida automationsanläggning

Befintligt styrsystem, Siemens automationssystem SIMATIC PCS7, kommer att bibehållas och byggas ut under kommande utbyggnad. Automationssystemen i Sickla- och Henriksdalsanläggningarna kommer också att korrespondera med varandra.

Automationssystemets uppbyggnad kommer att utformas med god tillgänglighet på sådant sätt att man så långt som det är möjligt aldrig riskerar ett stopp i flödet genom reningsverken.

Tredjepartssystem kommer att undvikas, vilket innebär att VVS-system och andra relevanta system skall styras från PCS7-systemet.

Automationssystemets ingående delar och komponenter placeras i särskilda drift- rum utifrån vilken roll de har för driften av anläggningen och för att så långt som det är möjligt stå emot oavsiktlig skada genom brand, vätskeläckage, avsiktlig skadegörelse respektive olovligt nyttjande mm.

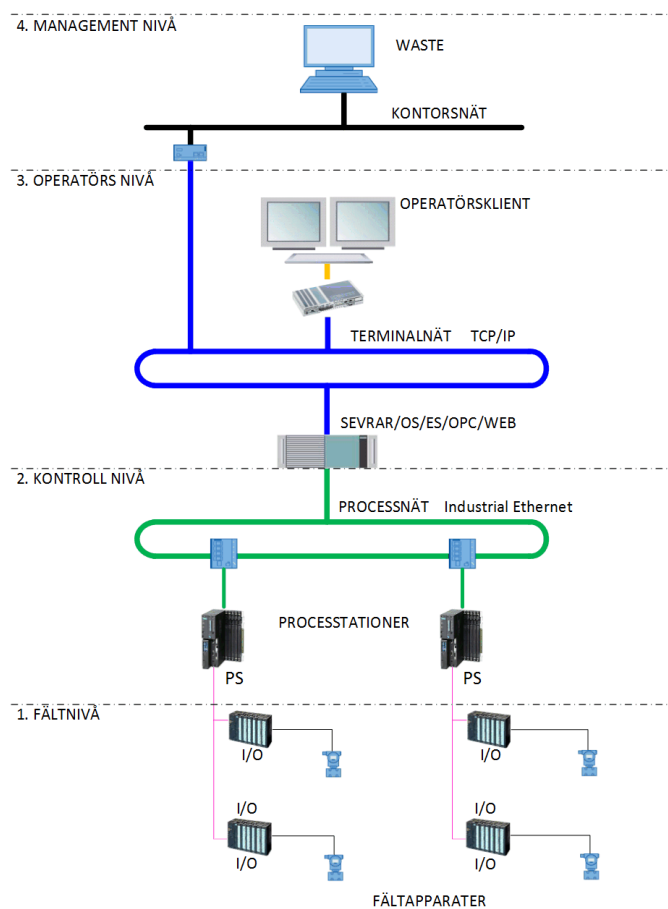
Terminalnätverket och processnätverket i Sickla- och Henriksdalsanläggningarna kommer att vara förbundna med varandra och utgöras av ett redundanta ringnät.

I Sicklaanläggningen byggs ett nytt automationssystem av typ SIMATIC PCS7 för att möta kraven på de nya processavsnitten. Sicklaanläggningen kommer att kunna fungera autonomt i händelse av kommunikationsavbrott mellan de båda anläggningarna.

I Henriksdalsanläggningen kommer samtliga processavsnitt att styras från PCS7-systemet. Följande åtgärder kan behöva göras på befintligt automationssystem:

- Vid nya anläggningsdelar installeras nya processtationer för att möta kraven på de nya processavsnitten;
- I delar där processen modifieras kan befintliga system endast behöva uppgraderas och kompletteras med ny mjukvara och hårdvara;
- Om processen äventyras vid ett haveri på processtation så att det menligt påverkar processen kompletteras processavsnittet med nya processtationer för uppdelning av processavsnittet till flera processtationer för ökad tillgänglighet.
- Vid större ombyggnader där gammal utrustning rivs och ny processteknik införs kommer nya processtationer att installeras. De befintliga processtationerna och processanläggningsdelarna fasas ut vartefter de nya systemen tas i drift.

Automationssystemets principiella struktur framgår nedan i Figur 3-14.



Figur 3-11: Automationssystemets principiella struktur

En mer detaljerad genomgång av gällande lagstiftning samt beskrivning av erforderliga investeringar avseende nätverk och styrningsprinciper redovisas i genomförda förstudier, se Tabell 1-1 och Tabell 1-2.

4 Miljö-, tillstånds- och brandskyddsaspekter avseende framtida drift

4.1 Miljöpåverkan

Här presenteras de miljöaspekter som är av betydelse i utformningen av Henriksdals reningsverks framtida avloppsvattenrening.

4.1.1 Energiförbrukning

Beräkningar av elförbrukningen har baserats på nuvarande elförbrukning för avloppsvattenreningen i Sickla- och Henriksdalsanläggningarna, med justering för nya, energikrävande processdelar. Energiutredningen från 2007 och elförbrukningsdata från 2012 har använts som underlag. Utifrån nuvarande elförbrukning har elförbrukningen år 2040 uppskattats genom att delprocessernas och enheternas elförbrukning har skalats upp i enlighet med dimensionerande flöden. De nya processdelarnas elförbrukning har beräknats med hjälp av flöden och uppföringshöjder (pumpar) eller andra kapacitetskrav (blåsmaskiner och hålpåtssilar).

Vidare ingår elförbrukningen för den nya slamhanteringen i Henriksdalsanläggningen samt energiåtgång för ventilation i båda anläggningarna liksom viss övrig energiåtgång för tryckluft, belysning mm.

Beräknad förbrukning av elenergi vid Henriksdals reningsverk år 2040 framgår av Tabell 4-1.

Tabell 4-1: Beräknad förbrukning av elenergi vid Henriksdals reningsverk år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Sicklaanläggningen		
Inloppspumpar	MWh/år	15890
Grovrening	MWh/år	378
Försedimentering	MWh/år	435
Övrigt (div. motorer, tryckluft, belysning, ventilation mm)	MWh/år	3755
Totalt, Sicklaanläggningen	MWh/år	20458
Henriksdalsanläggningen		
Grovrening	MWh/år	273
Försedimentering	MWh/år	536
Biologisk rening med membranseparering av slam	MWh/år	57470
Högflödesbehandling i sandfilter	MWh/år	87
Utloppspumpar	MWh/år	60
Slambehandling	MWh/år	34078
Övrigt (div. motorer, tryckluft, belysning, ventilation mm)	MWh/år	9916
Totalt, Henriksdalsanläggningen	MWh/år	102420
Totalt Henriksdals reningsverk	MWh/år	122878

Som framgår av Tabell 4-1 kommer elförbrukningen år 2040 att bli ca 123000 MWh/år. Med beräknade 1,6 miljoner personer anslutna till Henriksdals renings-

verk år 2040 innebär detta en energiförbrukning motsvarande 77 kWh per person och år (vilket i sin tur motsvarar energiförbrukningen för en 9W-lampa under ett år om nu sådana lampor finns).

2012 var den totala energiförbrukningen för Henriksdals- och Brommaverket ca 50000 MWh/år. Med 1,1 miljoner personer anslutna till verken detta år blev den specifika energiförbrukningen 45 kWh per person och år.

Ökningen av energiförbrukningen per person från 45 till 77 kWh per person och år kan i princip förklaras av Tabell 4-2.

Tabell 4-2: Jämförelse av specifik energiförbrukning 2012 och 2040

Parameter	Enhet	Värde
Specifik energiförbrukning, 2012	kWh/pe, år	45
Energiförbrukning i pumpstationen från Brommatunneln i Sicklaanläggningen		+10
Hygienisering av slam, främst förbrukning av energi för värmepumpar		+12
Energiförbrukning för luftning av membran		+13
Reduktion av energiförbrukning för diverse anläggningsdelar, bla sandfilter		-3
Specifik energiförbrukning, 2040		77

4.1.2 Kemikalieförbrukning

Med kemikalieförbrukning avses här förbrukning av fällningskemikalier till simultanfällning, fällningskemikalier och polymer till höglödesrening, polymer för slutavvattning av rötslam, föravvattning av primär- och överskottsslam, metanol till efterdenitrifikation samt rengöringskemikalier till membran.

Järnsulfat används som fällningskemikalie i normalfall. Vid höglödessituationer nyttjas järnklorid och polymer. Som kolkälla till efterdenitrifikationen används metanol.

För rengöring av membran används natriumhypoklorit och citronsyra eller eventuellt oxalsyra. Hur stor mängd som går åt varierar mellan olika anläggningar. Här har antagits att enklare underhållsrengöring utförs 2-3 gg/v och att återställningsrengöring, som innebär att en linje töms och tas ur drift i ca 1 dygn, utförs 1-2 gg/år.

Produktion av kemikalier medför miljöpåverkan, bland annat i form av växthusgasutsläpp. I den här utredningen har miljöpåverkan i samband med produktion inte kvantifierats. Årsförbrukningen av aktuella kemikalier vid Henriksdals reningsverk år 2040 redovisas i Tabell 4-3.

Tabell 4-3: Årsförbrukning av olika kemikalier år 2040

Parameter	Enhet	Värde	Anmärkning
Järnsulfat (FeSO_4)	ton/år	11800	Normalflöde, 95% av tiden
Järnklorid (FeCl_3)	ton/år	2800	Högflöde, 5 % av tiden
Polymer	ton/år	7	Högflöde, 5 % av tiden
Polymer, slutavvattning rötslam	ton/år	400	8 g/kg TS
Polymer, föravvattning primärslam	ton/år	220	5 g/kg TS
Polymer, föravvattning överskottsslam	ton/år	160	7,5 g/kg TS
Metanol	ton/år	3500	Kolkälla efter-denitrifikation
Natriumhypoklorit (12 %)	ton/år	800	Rengöring av membran
Citronsyra (50 %)	ton/år	760	Rengöring av membran

Kemikalieförbrukningen förväntas inte förändras med avseende på järnsulfat, sett som dos per behandlad kubikmeter vatten. I de befintliga anläggningarna används polymer till slamförtjockning och slamavvattning, men inte till högflödesrening. I den utbyggda anläggningen ska polymer användas till högflödesrening.

Tillsats av kolkälla är en förutsättning för långtgående kväverening och metanol är en lämplig och förhållandevis billig kemikalie.

Järnklorid ska användas vid högflödessituationer och är en mycket korrosiv och frätande vätska med $\text{pH} < 1$. Med adekvata säkerhetsåtgärder och invallade eller dubbelmantlade tankar blir dock risken för utsläpp till miljön mycket liten.

För rengöring av MBR-modulerna ska natriumhypoklorit och citronsyra användas.

En djupare utvärdering av rengöringskemikaliernas miljöpåverkan har utförts under arbetet med förstudierna och det finns en risk för att natriumhypoklorit (NaOCl) reagerar med organiskt material och bildar oönskade halogenerade biprodukter (AOX). AOX är ett samlingsnamn som innefattar både miljö- och hälsofarliga ämnen och ämnen som inte är farliga. Mängden AOX som bildas kan mätas som en ökning av koncentrationen av AOX i utgående vatten och i slam. För att hålla koncentrationerna så låga som möjligt är det lämpligt att rengöra få linjer i taget och att backspola permeatsidan ordentligt efter rengöring med natriumhypoklorit. Recirkulationen av returslam gör att en stor del av AOX leds till biomassan där de till viss

del kan brytas ner. En ökad ansamling av AOX i slammet kan försvåra avsättningsmöjligheterna. Erfarenheter visar dock att AOX inte ökar märkbart i biomasen

Citronsyra är en organisk syra som finns naturligt i sura frukter. Citronsyra är lätt nedbrytbart och ett KRAV-godkänt oxidationsmedel.

Det finns andra tänkbara membranrengöringskemikalier men möjligheten att ersätta natriumhypoklorit med andra kemikalier är begränsad. Däremot kan citronsyra ersättas av exempelvis den starkare syran oxalsyra.

Totalt sett blir kemikalieförbrukningen per kubikmeter renat avloppsvatten högre i den utbyggda anläggningen än i de befintliga. Det ger en negativ miljöpåverkan.

4.1.3 Produktion av fast avfall

Fast avfall kommer att produceras efter idrifttagning av den utbyggda Henriksdalsverket. Detta avfall utgörs av rens, sand, rötslam samt uttjänat material och speciellt utbytta membran. Uppskattade mängder av avfall år 2040 framgår av Tabell 4-4.

Tabell 4-4: Uppskattade avfallsmängder år 2040

Parameter	Enhet	Värde
Produktion av avvattnat gallerrens	ton/år	2870
Produktion av avvattnad sand	ton/år	2660
Produktion av avvattnat rötslam	ton/år	164250
Produktion av uttjänade membran	ton/år	75
Produktion av övrigt uttjänat material	ton/år	50

4.1.4 Reningsresultat och utsläpp till recipient

Framtida reningsresultat förväntas bli mycket gott, vilket diskuterats på andra ställen i principförslaget. Skärpta reningskrav kommer att uppnås och generellt sett kommer halterna av utsläppta föroreningar att bli mycket lägre än halterna i renat avloppsvatten idag.

Membranen i den utbyggda anläggningen har en porstorlek på ca 0,040 µm, vilket innebär att fullständigt renat avloppsvatten inte kommer att innehålla partiklar över denna storlek, under förutsättning att membranen är intakta. Alla protozoa parasiter, de allra flesta bakterier (normal storlek 0,5-5,0 µm) och en del virus (normal storlek 20-300 nm) kommer därmed att avskiljas. Några bakteriestammar är dock mindre och kan följa med utgående vatten. Flera virusstammar, såsom Norovirus, är också mindre. En del virus binds till partiklar och hålls på så sätt tillbaka eftersom inget suspenderat material passerar membranerna. Eftersom avskiljningen av större virus och partikelbundna virus blir högre i en MBR-anläggning bör totalav-

skiljningen av virus också bli bättre. Den höga avskiljningen är positiv ur miljö-, eller snarare hälsosynpunkt.

På senare år har skadliga effekter av mikrokräp, alltså små partiklar av plast, textilier och annat avfall, i hav och sjöar uppmärksammas. Vilken storlek skräppartiklarna måste ha för att klassas som mikrokräp varierar i olika studier, men vanligen bör de vara mindre än 1-5 mm.

Utgående vatten från reningsverk är en potentiellt viktig tillförselväg för mikrokräp. Mängden mikrokräp i utgående vatten från reningsverk och mikrokräpets storleksdistribution är ännu inte känd men klart är dock att MBR-konfigurationen avskiljer mikrokräp som är större än porstorleken 0,040 µm. Samma avskiljning fås rimligen inte med en traditionell aktivslamprocess följt av snabbfiltrering. Beräknade utsläppta föroreningsmängder samt årsmedelvärden av föroreningshalterna presenteras i Tabell 4-5.

Tabell 4-5: Beräknade föroreningsmängder i utgående vatten från Henriksdals reningsverk år 2040 samt årsmedelvärden av föroreningshalterna

Parameter	Enhet	Totalt utsläpp	Biologiskt renat	Högflödesbehandlat i sandfilter	Bräddat efter hålpåsgaller i Sickla
Avloppsvattenflöde	Mm ³ /år	183,26	179,12	4,05	0,09
	%	100	97,75	2,20	0,05
Utsläppta föroreningsmängder					
BOD₇	ton/år	420	358	59	2,5
Tot-N	ton/år	934	896	37	0,8
Tot-P	ton/år	29	27	2	0,10
SS	ton/år	59	0	56	3,2
Halt i utgående vatten					
BOD₇	mg/l	2,3	2,0	14,6	27,7
Tot-N	mg/l	5,1	5,0	9,2	8,5
Tot-P	mg/l	0,16	0,15	0,5	1,1
SS	mg/l	0,3	0	13,8	35,6

De i Tabell 4-5 redovisade medelföroreningshalterna ligger väl under de antagna framtida reningskraven. Vid maximalt månadsflöde blir det viktade medelvärdet för tot-P i utloppet ca 0,17 mg/l. Därmed uppfylls utsläppskraven för fosfor även under månader mer extrema högflöden.

4.1.5 Utsläpp till luft

Den framtida reningsprocessen är dimensionerad för att drivas med hög slamålder, låg belastning, god tillgång på syre i oxzonerna och syrefria förhållanden i de anoxa och anaeroba zonerna. Därför förväntas lustgasutsläppen vara små.

Eftersom utsläppen till omgivningen sker kontrollerat kan luktreducerande åtgärder vidtas där behov föreligger. Luftflödena kommer att öka, vilket kan öka risken för spridning av dålig lukt.

Risk för luftburen spridning av smittämnen till närboende bedöms inte vara ett problem. Tidigare genomförd utredning har fastslagit att partikel- och droppbundna smittkällor som sprids via luft inte utgör någon smittrisk för Henriksdals närområde.

Kylning av rötslammet med värmepumpar kommer också att bidra till minskad metanavgång till atmosfären.

4.1.6 Risker

Nya kemikalier kommer att introduceras på Henriksdals avloppsreningsverk i samband med utbyggnaden. De nya kemikalierna är metanol, järnklorid, citronsyra, oxalsyra, natriumhypoklorit och ammoniak. Vid hantering av kemikalier och brandfarlig vätska ska flera aspekter beaktas som till exempel transport, lagring, ventilation och hantering samt arbetsmiljö.

Följande tillstånd kommer krävas i framtiden:

- Tillstånd enligt lagen SFS 1999:381 om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvariga kemikalieolyckor. Seveso lägre nivån kommer att krävas;
- Tillstånd krävs enligt vad som anges i MSBFS 2013:3 föreskrifter om tillstånd för hantering av brandfarliga gaser och vätskor;

4.1.7 Brandskydd och risker

En förutsättning är att reningsverket i sin helhet är att betrakta som byggnad varför Boverkets byggregler etc. gäller för hela anläggningen. Den ändring som utreds för reningsverket är av en sådan omfattning att en ny brandskyddsdokumentation troligen behöver tas fram. Krav ställs därmed på gångavstånd som inte uppfylls i dagsläget. Anläggningens komplexitet medför att brandcellsindelning enligt förenklad dimensionering skulle innebära en stor mängd dörrpartier och tätade genomföringar. Det kommer därför troligen vara kostnadseffektivt att dimensionera gångavstånd/utrymning analytiskt.

Utbyggnaden av reningsverket är delvis sprunget ur ett behov att behandla vatten från andra reningsverk som skall läggas ner. Detta innebär i praktiken att hela Stockholms kommuns vatten skall renas på samma ställe. Detta ställer höga krav på anläggningens robusthet och möjlighet att klara sitt uppdrag under svåra förhållanden. Detta medför ett behov av en gedigen riskanalys för verksamheten för att hitta svagheter och förstärka dessa.

Behov

Sammanfattningsvis bedöms att det föreligger behov av:

- Ny brandskyddsdokumentation med analytisk dimensionering av åtminstone utrymningssituationen;
- Riskanalys för att säkerställa driftsäkerhet

Åtgärder

Det är omöjligt att i dagsläget förutsäga vilka åtgärder som kommer att krävas för att anläggningen efter expansionen ska uppfylla samhällets minimikrav vad gäller brandskydd och personsäkerhet. Exempel på åtgärder/delar av anläggningen som kan komma att bli aktuella är:

- Brandklassade väggpartier, dörrar och brandgardiner;
- Brand- och utrymningslarm;
- Säkert kommunikationssystem;
- Styrning av ventilationssystemet;
- Säkerställd strömförsörjning till vitala delar;
- Nödbelysning;
- Vägledande markeringar;
- Flyktmasker;
- Säker plats med säkerställd luft där personal kan invänta hjälp i händelse av brand;

5 Milstolpar för genomförande med tidplan

5.1 Genomförandebeskrivning av återstående arbetsmoment och anläggningsarbeten

5.1.1 Generella aspekter avseende återstående arbete

Den genomförandebeskrivning och tidplan, som presenteras nedan, avser återstående arbetsmoment och anläggningsarbeten kopplade till Henriksdals reningsverk. Nedläggning av Bromma reningsverk och anläggning av tunnel från Bromma till Sickla inryms inte i denna beskrivning.

Kritiska tidpunkter förutsätter att vissa specifika anläggningsarbeten är färdigställda tidigt innan andra kan påbörjas. Exempelvis måste hållplåtsilar vara installerade och driftsatta innan första MBR-linjen kan driftsättas, tunnel från Bromma till Sickla måste vara färdig innan avloppsvattnet från Bromma släpps på, tillräcklig elkraft måste ha installerats för att nya reningssteg ska kunna driftsättas och kapaciteten på lufttunnlar för till- och frånluft måste vara tillräcklig för den ökade belastningen på ventilationssystemet på grund av bland annat membranluftning.

Nedan beskrivs det kommande arbetet och de olika arbetsmomenten översiktligt. Beskrivningen avslutas med en tidplan, som av naturliga skäl måste vara mer övergripande än vad de tidplaner varit, som redovisats i respektive förstudie avseende de olika delprojekten.

5.1.2 Val av entreprenadform

Om- och utbyggnaden av Henriksdals reningsverk är ett mycket omfattande projekt, vilket innebär att det är viktigt att rätt entreprenadform väljs. Den mest fördelaktiga entreprenadformen, med avseende på tid och kvalitet, har så här långt bedömts vara en delad entreprenad.

Motivet till bedömningen är tidsaspekten och att Stockholm Vatten valde att göra en separat upphandling av membranleverantör. I en delad entreprenad är detta möjligt i och med att det är en förutsättning för maskinentreprenörerna.

5.1.3 Detaljprojektering och upphandling av entreprenader

Detaljprojektering

Arbetet med detaljprojektering har påbörjats. Detaljprojektering av pumpstationerna i Sicklaanläggningen, den mekaniska reningen i såväl Sickla- som Henriksdalsanläggningen samt det biologiska reningssteget inklusive membrananläggningen, högflödesreningen samt utloppsledningar och eventuell utloppspumpstation i Henriksdalsanläggningen har bedömts ta sammanlagt 22 månader.

Arbetet utförs av konsulter och när det gäller membranläggningen även kontrakterad membranleverantör. Arbetet bedöms inte orsaka några problem som kan föranleda några betydande förseningar.

Beträffande slamhanteringen kommer detaljprojekteringen att bli mer uppdelad och utdragen under en beräknad period på 37 månader från början av januari 2015.

Anbudstid och upphandling av entreprenader

Entreprenaderna förutsätts handlas upp som utförandeentreprenader enligt AB04 inom områdena maskin, berg, bygg/VS, ventilation samt el/styr. En instrumententreprenör kan i detta fall vara bra att upphandla separat med tanke på den stora mängd instrument som ska installeras i avloppsreningsprocessen.

Maskinentreprenören installerar i byggskedet av biosteget den utrustning som membranleverantören tillhandahållit.

Förfrågningsunderlag för övriga upphandlingar utgörs av detaljprojekteringen. Förfrågan för varje utförandeentreprenad måste ligga ute i 53 kalenderdagar och efterföljande utvärdering av lämnade anbud bedöms ta 2 månader för maskin och en månad för övriga discipliner. Upphandlingstiden för varje utförandeentreprenad bedöms därmed ta 3-4 månader.

Entreprenaderna upphandlas stegvis. Därmed kan upphandlingsfasen och detaljprojekteringsfasen delvis pågå parallellt, vilket sparar tid. Berg- och maskinentreprenaden bör upphandlas så tidigt som möjligt, det vill säga så fort nödvändigt underlag i detaljprojekteringen har tagits fram. När bergentreprenaden är upphandlad kan sprängningsarbetet påbörjas.

Det finns en risk för försening i samband med entreprenösupphandling. Detta på grund av att upphandlingen kan komma att överklagas vilket i så fall leder till stora förseningar, allt från någon månad till ett halvår. I värsta fall måste hela upphandlingen göras om.

5.1.4 Förberedande installationsentreprenader avseende elkraft och ventilation

En del större åtgärder på el- och VVS-systemen kommer att genomföras för att möjliggöra genomförandet av projektet. Som exempel kan nämnas att flera ställverk ska flyttas, kapaciteten på elförsörjningen måste ökas, nya ventilationstunnlar kan behöva sprängas ut och ventilationskapaciteten utökas.

Detta arbete förutsätts utföras som separata projekt och påbörjas i god tid innan övriga entreprenadarbeten inleds. Arbetet kan även utföras parallellt men det kommer att kräva en mycket god samordning för att ett sådant genomförande inte ska försena övriga anläggningsarbeten. Detta arbete har bedömts ta 12 månader.

5.1.5 Övriga entreprenadarbeten

Tidsåtgången för arbetsmomenten i de olika entreprenadarbetena, som presenteras i tidplanen, förutsätter en god samordning av de arbeten som ska utföras. Särskilt kritiskt är att bergssprängning och byggnadsarbetet, framför allt gjutning av betong, samordnas för att undvika t.ex. sprickbildning i betongen.

För att en god anläggningskvalitet ska erhållas måste tid avsättas till vissa kritiska moment såsom tätning vid rörgenomgångar mellan berg och rör, ingjutningar av ledningar, täthetskontroller med tid för injektioner i otäta konstruktioner.

Beställarens brukargrupp, det vill säga personer inom Stockholm Vattens organisation som arbetar med avloppsreningsprocessen, bör vara involverade i arbetet som rådgivare till konsulter/entreprenörer för att säkerställa att god drift kan upprätthållas under ombyggnadsperioden.

Bergarbeten och bergsprängning

Omfattande och detaljerade utredningar har genomförts av Ramböll beträffande bergkvaliteten i både Sickla- och Henriksdalsanläggningen. Dessa redovisas i rapporterna "*Underlag för tillståndsprövning – Sickla*" respektive "*Underlag för tillståndsprövning – Henriksdal*". Kortfattat kan dessa sammanfattas på följande vis:

Sicklaanläggningen

Bergmassan i den planerade anläggningen bedöms till största delen vara av god kvalitet och inte ge upphov till några stabilitetsmässiga problem. Bedömningen är att anläggningen kan byggas med konventionella tekniklösningar.

Henriksdalsanläggningen

Bergförhållandena har även här bedömts som goda och merparten av bergarbetena förväntas kunna utföras med standardteknik. Några större problem med blockutfall förväntas inte såvida förstärkning och den permanenta förstärkningen appliceras utifrån rådande geologiska och bergmekaniska förhållanden så att inte stora oförstärkta ytor lämnas.

Vid sämre bergförhållanden kan stabiliseringen av de vertikala schakten bli besvärlig och därför rekommenderas kompletterande geologiska undersökningar för en bättre bedömning av drivningsteknik och nödvändig bergförstärkning av vertikalschakten.

De numeriska analyserna av berget bedöms vara konservativa på så sätt att de ger en något sämre bild av spänningssituationen än vad som troligtvis är det verkliga fallet. Då det trots detta inte bedöms bli några svårigheter att bryta ut bergrummen med standardteknik bedöms inte ytterligare analyser behövas i detta skede om inte större förändringar i layouten görs.

Bygg- och installationsarbeten

Beräknade mängder av olika byggmaterial vid kommande arbeten vid Henriksdals- och Sicklaanläggningen framgår av Tabell 5-1 och Tabell 5-2. Beräkningen har också utgjort underlag till en grov beräkning av antalet transporter utifrån möjliga mottagningsanläggningar, mängder och fraktioner.

Tabell 5-1: Beräknade mängder av olika byggmaterial vid Henriksdalsanläggningen

Parameter	Enhet	Värde
Ny betong	m ³	18810
Nytt stål	ton	2450
Ny prefab	m ³	1065
Nya massor	m ³	8500
Ny asfalt	m ³	700
Ny mursten	m ³	1190

Tabell 5-2: Beräknade mängder av olika byggmaterial vid Sicklaanläggningen

Parameter	Enhet	Värde
Ny betong	m ³	2900
Nytt stål	ton	2725
Ny prefab	m ³	1000
Nya massor	m ³	3000
Ny asfalt	m ³	6300
Ny mursten	m ³	450

5.2 Etableringsytor

5.2.1 Allmänt om etableringsytor

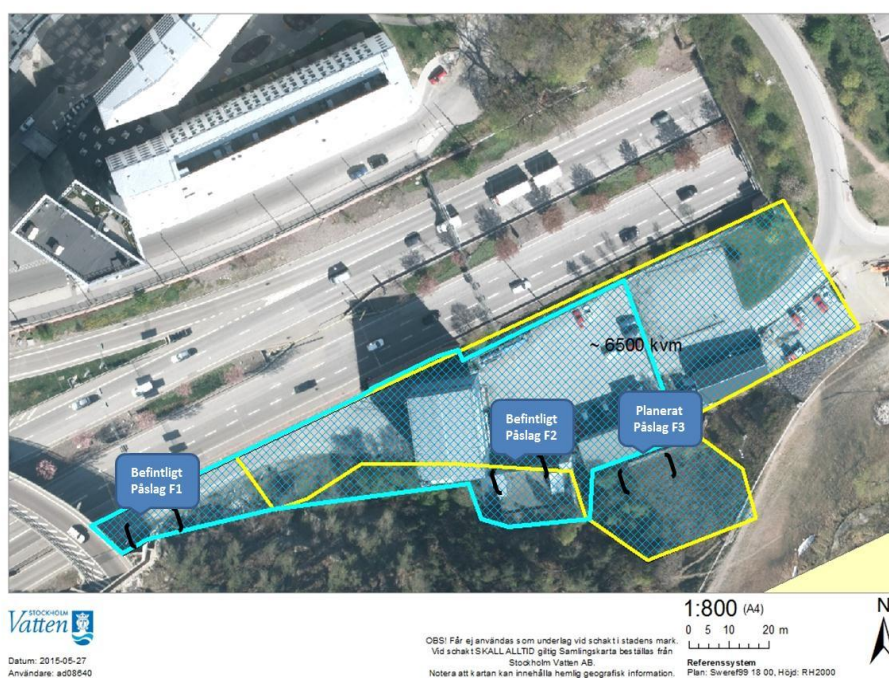
Entreprenören kommer under arbetets utförande vara i behov av etableringsytor. Etableringsytorna kan disponeras på lite olika sätt och bestå av flera olika ytor och skilja i storlek. För bergarbeten av lite större storlek är det vanligt att ytor som upplåts till borrhjor och andra bergmaskiner skall vara så placerade att de ligger i direkt anslutning till de arbetsområden som tilldelas. Andra lösningar kan vara kontor i befintliga lokaler o.dyl.

Den totala etableringsytan för en bergentreprenör kan variera mellan 2 000-4 000 m² beroende på omfattningen av arbetet. Tiden för att upprätta etableringsplatsen, oavsett lokalisering, bedöms vara ungefär 3 månader. Etableringen kan göras som ett förberedande arbete.

Bergmassor som sprängs ut kommer att lastas på lastbilar inne i anläggningen. Lastning ska kunna ske dygnet runt inne i berganläggningen och bergtunnlarna för att sedan köras iväg. Ingen yta för mellanlagring av bergmaterial kommer att finnas inom arbetsområdet.

5.2.2 Sicklaanläggningen

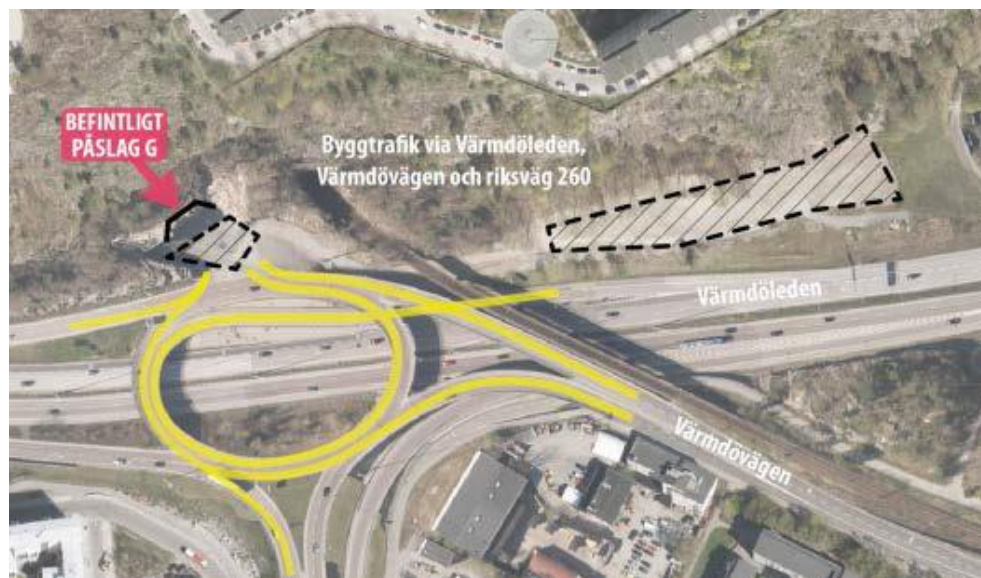
En etablering planeras utanför den befintliga anläggningen i Sickla. En tillfällig trafiklösning skapas i anslutning till verket i Sickla för att möjliggöra transporter till och från arbetsplatsen direkt ner på Södra Länken, väg 75, se Figur 5-1. En utredning om denna trafiklösning pågår med Trafikverket.



Figur 5-1: Etableringsyta vid Sicklaanläggningen

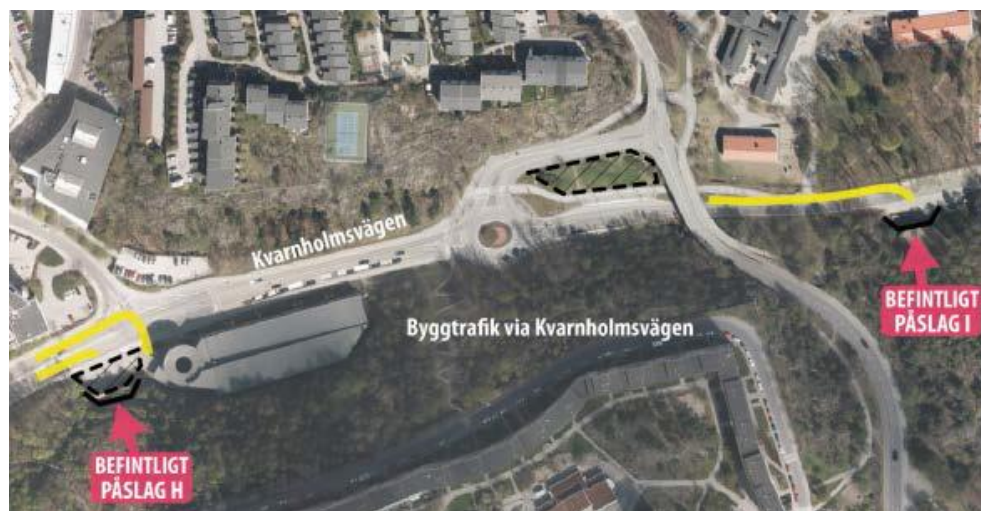
5.2.3 Henriksdalsanläggningen

Olika förslag på etableringsplatser har utvärderats och det bästa alternativet bedöms vara invid Lugnets trafikplats på ungefär samma plats som vid arbetet med Henriksdal 2010-projektet, se markerad yta i Figur 5-2.



Figur 5-2: Etableringsyta a) vid Henriksdalsanläggningen

Som alternativ till etableringsplatsen ovan finns en ytor längs Kvarnholmsvägen som eventuellt kan utnyttjas, se Figur 5-3. Fördelen med ytan är närheten till infarten för transporttunnel TT11. Nackdelen med ytan är att den är relativt liten med brant lutning.



Figur 5-3: Etableringsyta b) vid Henriksdalsanläggningen

5.3 Energianvändning under byggtiden

För att minska energianvändningen under byggtiden kommer SVAB att ställa krav på ett systematiskt miljöarbete, vilket inom energiområdet bland annat innebär krav på miljömärkt el och miljöklassificerade bränslen till fordon och arbetsmaskiner.

SVAB tillämpar de "gemensamma miljökrav vid upphandling av entreprenader" som överenskommits mellan storstäderna och Trafikverket. Dessa krav innebär krav på drivmedel samt utsläpp och klassificering enligt EUs regelverk.

Som en del av det systematiska miljöarbetet ska entreprenören ta fram en miljöplan. Entreprenörens miljöplan ska bland annat innehålla en beskrivning av entreprenadens energianvändning; vilken typ av energi som entreprenören kommer att använda och en uppskattning om använda mängder samt hur entreprenören tänker energieffektivisera entreprenaden.

I projektmålen ingår att reningen ska vara effektiv och energiförbrukningen lägsta möjliga. Det ska finnas analys och förutsättningar för detaljerad mätning och effektutvärdering av energislukande utrustning. En låg energiförbrukning ska eftersträvas och därmed utgöra en viktig parameter vid utvärdering av process- och teknikval.

Exempel på åtgärder som kan bli aktuella för att minimera energianvändningen under byggtiden är utbildning i "sparsam körning", energibesparande åtgärder för etableringen (byggbodas, förråd, belysning etc.). Vilka krav som kommer att ställas vid upphandlingen av entreprenaden kommer att detaljeras under systemhandlingskedet. Energianvändningen under byggtiden kommer att utredas i samband med produktionsplaneringen.

5.4 Användning av kemikalier under byggtiden

I syfte att bidra till att minska riskerna för hälsa och miljö kommer det att ställas krav på att byggvaror och kemikalier granskas och bedöms i projektering och genomförande. Genom att ställa krav på produktval och kemikaliehantering minskar riskerna och särskilt farliga ämnen fasas ut. Kraven innebär att gällande lagkrav uppfylls samt bidrar till att miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö uppnås. Vid användning av kemiska produkter tillämpas produktvalsprincipen i miljöbalken, vilken är grundläggande i hantering av kemiska produkter. Vilka kriterier som gäller för att bedöma kemikaliers farlighet framgår av Reachförordningen. För detta arbete kan databaser som Byggvarubedömningen, Chemweb, Chemsoft, Basta och Beta komma att användas.

För att förhindra inläckage av vatten och uppnå erforderlig täthet, kommer tätning av berg att ske genom cementinjektering. Sådana injekteringsmedel innehåller flera kemiska ämnen vilket kräver en noggrann analys av påverkan på människors hälsa och miljö. Injekteringsmedlen kan vara uppblandade med olika tillsatser (flyttillsatser och/eller härdare) för att skapa en passande egenskap för ändamålet. Bedömning av alla produkter ska göras enligt "Gemensamma miljökrav vid upphandling av entreprenader".

Vid borrhning används vatten som spol- och kylmedel.

Vid sprängning kommer entreprenören sannolikt att använda sig av såväl fasta som flytande sprängämnen. Det finns pengar och kvalitet i slutprodukten att välja en kombination som ger minsta spill efter sprängningen.

Vid bergförstärkning används sprutbetong som likt injekteringen blandas upp med flytmedel och härdare för att anpassas mot användningen. Bultar gjuts in med cementblandning.

I exceptionella fall, exempelvis vid oväntat stora vatteninflöden odyl kan kemiska tättningsmedel komma att behövas, men även dessa skall finnas med på listan över godkända preparat.

Maskiner under jord skall drivas på miljöbränslen och mineraloljor som smörjmedel och merparten av maskinerna är eldrivna då de arbetar.

5.5 Avfall under byggtiden

Avfall som uppstår under rivning och byggnation kommer att hanteras enligt branschnorm för avfallshantering inom bygg- och fastighetssektorn; Sveriges byggindustriers "Riktlinjer för resurs- och avfallshantering vid byggande och rivning", basnivå (f.d. Kretsloppsrådet riktlinjer) kommer att tillämpas vilket innebär följande sorteringar : :

- Farligt avfall (olika slag separeras)
- El-avfall (olika slag separeras)
- Trä
- Brännbart
- Plast för återvinning
- Gips
- Skrot och metall
- Schaktmassor (berg och jord)
- Deponi (utsorterat)
- Gips (endast byggproduktion)
- Utsorterade produkter och material för återanvändning (endast rivning)

Vad fraktionerna i detalj får innehålla bestäms inom projektet utifrån den bruttolista som finns för respektive avfallsfraktion. Bedömning av om eventuella avsteg ska göras från listan görs med hänsyn till omständigheterna i det enskilda projektet. I nuläget har det ännu inte identifierats behov av några avsteg. Uppdelning i färre fraktioner än enligt basnivån ska vara särskilt motiverat.

Fraktionerna deponi eller blandat avfall för eftersortering ska minimeras.

I upphandlingen kommer krav att ställas på entreprenören att i sin avfallshanteringsplan i detalj redogöra för hur avfallshanteringen ska gå till avseende sortering, plats och sätt för omhändertagande av sorterade fraktioner.

I syfte att minimera mängden avfall som uppstår kommer ett systematiskt arbete med att förebygga avfall genomföras. Förebyggandeåtgärder leder till energibesparingar samt färre transporter. Med en väl planerad produktion minskar man risken att material köps in i överskott, blir liggande ute och blir förstört. Exempel på förebyggande åtgärder som kan komma att bli aktuella i projektet är logistikcenter, beaktande av möjligheter till återanvändning/återvinning, minimering av emballage.

Beräknade mängder rivningsavfall från Henriksdals- och Sicklaanläggningen framgår av Tabell 5-3 och Tabell 5-4. Beräkningen har också utgjort underlag till en grov beräkning av antalet transporter utifrån möjliga mottagningsanläggningar, mängder och fraktioner.

Tabell 5-3: Beräknade mängder rivningsavfall från Henriksdalsanläggningen

Parameter	Enhet	Värde
Riven betong (ej fast volym)	m ³	14920
Rivet stål	ton	75
Riven Prefab	m ³	2180
Schaktmassor	m ³	1470
Riven asfalt	m ³	140
Rivna murade konstruktioner	m ³	1160

Tabell 5-4: Beräknade mängder rivningsavfall från Sicklaanläggningen

Parameter	Enhet	Värde
Riven betong (ej fast volym)	m ³	480
Rivet stål	ton	120

5.6 Trafik under byggtiden

5.6.1 Allmänt om trafik

Anläggningsarbetena vid Henriksdals reningsverk kommer att bli mycket omfattande och fordonstrafiken till och från anläggningen förväntas bli intensiv och besvärlig. För att minska störningarna från trafiken kommer denna att beläggas med långtgående restriktioner.

5.6.2 Sicklaanläggningen

Vid de tre planerade påslagen i Sickla F1, F2, och F3 se Figur 5-1, kommer sammanlagt ca 995000 ton berg att tas ut. I denna mängd inkluderas delar av Brommatunneln. De bergmassor som sprängs ut kommer att lastas på lastbilar som tar mellan 15-30 ton berg beroende på lastbilens storlek. Lastning sker dygnet runt inne i berganläggningen och bergtunnlarna och körs iväg. Ingen yta för mellanlagring av bergmaterial kommer att finnas inom arbetsområde eller på etableringsyta.

Från planerat påslag F1 kommer ca 77 800 ton berg att tas ut jämt fördelat under ca 75 veckor. Då servicetunneln vid påslag F1 har snäva kurvor och brant luntning är det troligt att mindre lastbilar som tar ca 15 ton per bil kommer att användas här.

Från planerade påslagen F2 kommer ca 918 000 ton berg att tas ut.

Tunnelpåslag F1, Sickla (befintligt påslag), tunnel-entreprenörens arbetsområde	Tunnelentreprenörens arbetsområde om ca 2 300 m ² med bodar, maskiner och materialupplag. Efter etablering, uttransport av bergmassor under ca 19 månader, antalet fordonsrörelser blir 30-70 per dygn (helgfria vardagar 07-22). Ej uttransport under rusningstrafik.
Påslag F2 (Sickla befintligt påslag)	Sickla berg och bygg - entreprenörens etableringsyta om ca 6500 m ² med bodar, maskiner och materialupplag In-/utfart, uttransport av bergmassor under ca 40 månader, antalet fordonsrörelser blir ca 40 - 160 per dygn (kan vara dag, kväll eller natt, alla dagar i veckan). Ej uttransport under rusningstrafik. In-/utfart, uttransport av betongmassor och installationsutrustning under ca 30 månader, antalet fordonsrörelser blir 20-50 per dygn (kan vara dag, kväll eller natt, alla dagar i veckan).
Påslag F3 (Sickla nytt påslag)	Gemensam etablering med F2. In-/utfart, uttransport av bergmassor under ca 40 månader, antalet fordonsrörelser blir 40-100 per dygn (kan vara dag, kväll eller natt, alla dagar i veckan). Ej uttransport under rusningstrafik. In-/utfart, uttransport av betongmassor och installationsutrustning under ca 30 månader, antalet fordonsrörelser blir 20-50 per dygn (kan vara dag, kväll eller natt, alla dagar i veckan).

Förutom uttransport av bergmassor kommer även annan trafik vara påkallad vid Sicklaanläggningen såsom leverans av betong och annat byggmaterial liksom maskinell utrustning, arbetsmaskiner mm. Dessa transporter kommer dock att bli färre än transporten av bergmassor. Totalt beräknat antal transporter till och från Sicklaanläggningen framgår av Tabell 5-5.

Tabell 5-5: Beräknat antal transporter under byggtiden vid Sicklaanläggningen

Parameter	Fordonstyp	Kapacitet	Antal fordon
Uttransporter			
Transporter av berg, påslag F1	Lastbil	15 ton	5190
Transporter av berg, påslag F2,F3	Lastbil	30 ton	30600
Transporter av riven betong	Dumper	13 m ³	37
Transporter av rivet stål	Lastbil	5 ton	24
Intransporter			
Transporter av ny betong	Betongbil	6 m ³	4833
Transporter av nytt stål	Lastbil	5 ton	545
Transporter av ny prefab	Lastbil	24 ton	42
Transporter av nya massor	Dumper	13 m ³	231
Transporter av ny asfalt	Asfaltbil	16 m ³	394
Transporter av ny mursten	Lastbil	24 ton	19

Avseende mängder av olika material i Tabell 5-5 hänvisas till Tabell 5-4 och texten ovan.

Beräknade ekvivalenta och maximala ljudnivåer vid närmast belägna bostäder kommer att understiga ställda riktvärden för dag-, kvälls- och nattetid från lastbilsrörelser inom entreprenadsgräns och driftverksamheter. Detta betyder att verksamhet i form av tunga transporter enligt beräkningar kan pågå på etableringsytorna dygnet runt vid Sickla.

5.6.3 Henriksdalsanläggningen

Lugnets trafikplats – befintligt påslag G

Bergarbetena och transporterna för anläggningsarbetena kommer att ske vid befintligt påslag vid Lugnets trafikplats, se Figur 5-2. Härifrån kommer merparten av bergmassor från utbyggnaden att transporteras. Stora delar av bergarbetena beräknas pågå i ca 5 år ca 14 000 ton berg tas ut via Lugnets trafikplats..

Värmdöleden är hårt belastad under rusningstrafik så masstransporterna förväntas bli begränsade vid Lugnets trafikplats under vardagar mellan kl 07-09 och 16-18.

Kvarnholmsvägen – befintligt påslag H och I

Under byggskedet ska befintlig anläggning vara i drift, vilket medför att två befintliga påslag på Kvarnholmsvägen behöver användas för transport av bergmassor,

se Figur 5-3. Från dessa påslag kommer ca 11 000 ton berg att tas ut under 5 års tid i huvudsak från påslaget mot Finnboda påslag I.

Förutom uttransport av bergmassor kommer, liksom vid Sicklaanläggningen, även annan trafik vara påkallad vid Henriksdalsanläggningen såsom leverans av betong och annat byggmaterial liksom maskinell utrustning, arbetsmaskiner mm. Dessa transporter kommer dock även här att bli färre till antalet jämfört med transporten av bergmassor. Arbetena måste samordnas med SL:s planer på en bussramp framför TT5. Totalt beräknat antal transporter till och från Henriksdalsanläggningen framgår av Tabell 5-6.

Tabell 5-6: Beräknat antal transporter under byggtiden vid Henriksdalsanläggningen

Parameter	Fordonstyp	Kapacitet	Antal fordon
Uttransporter			
Transporter av berg, påslag G	Lastbil	30 ton	400
Transporter av berg, påslag H och I	Lastbil	15 ton	800
Transporter av riven betong	Dumper	13 m ³	1148
Transporter av rivet stål	Lastbil	5 ton	15
Transporter av riven prefab	Dumper	13 m ³	168
Transporter av schaktmassor	Dumper	13 m ³	113
Transporter av riven asfalt	Dumper	13 m ³	11
Transporter av rivna murade konstruktioner	Dumper	13 m ³	89
Intransporter			
Transporter av ny betong	Betongbil	6 m ³	3135
Transporter av nytt stål	Lastbil	5 ton	490
Transporter av ny prefab	Lastbil	24 ton	44
Transporter av nya massor	Dumper	13 m ³	654
Transporter av ny asfalt	Asfaltbil	16 m ³	44
Transporter av ny mursten	Lastbil	24 ton	50

Avseende mängder av olika material i Tabell 5-6 hänvisas till Tabell 5-3 och texten ovan.

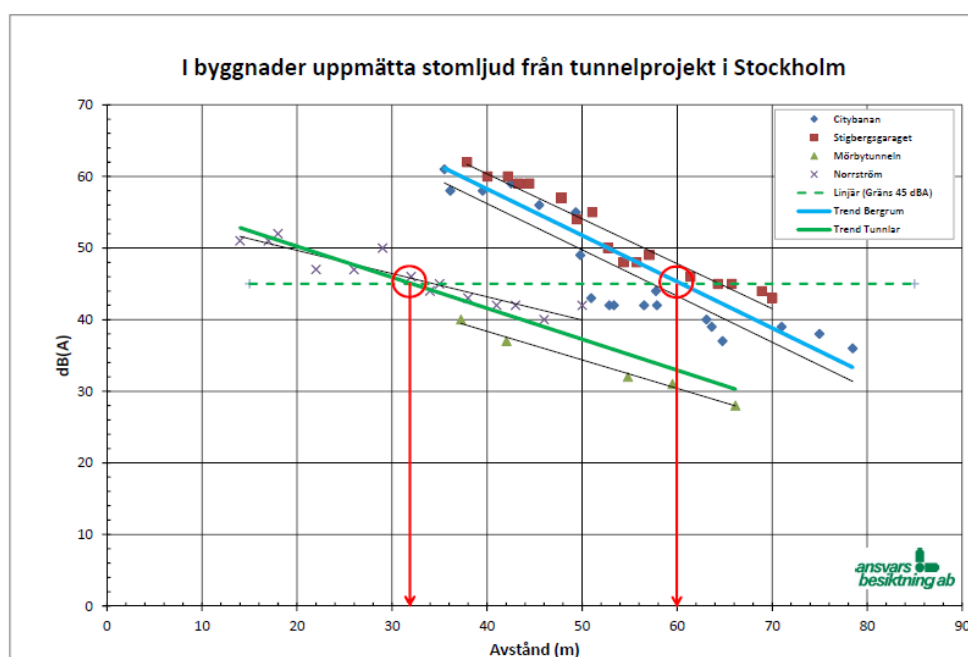
En genomförd utredning om ljudutbredning visar att beräknade ekvivalenta och maximala ljudnivåer från lastbilsrörelser inom entreprenadsgränsen understiger ställda riktvärden för dag-, kvälls- och nattetid. för närmast belägna bostäder.

Riktvärden saknas gällande byggbuller vid förskolor. Riktvärden från trafikbuller till förskolegårdar, ekvivalent ljudnivå 55 dB(A) samt maximal ljudnivå 70 dB(A) kommer att innehållas. Detta betyder att verksamheten i form av tunga transporter enligt beräkningar kan pågå på etableringsytorna dygnet runt vid alla tre påslagen vid Henriksdalsanläggningen.

5.7 Stomljud och vibrationer vid sprängningsarbetet

5.7.1 Allmänt om stomljud och vibrationer

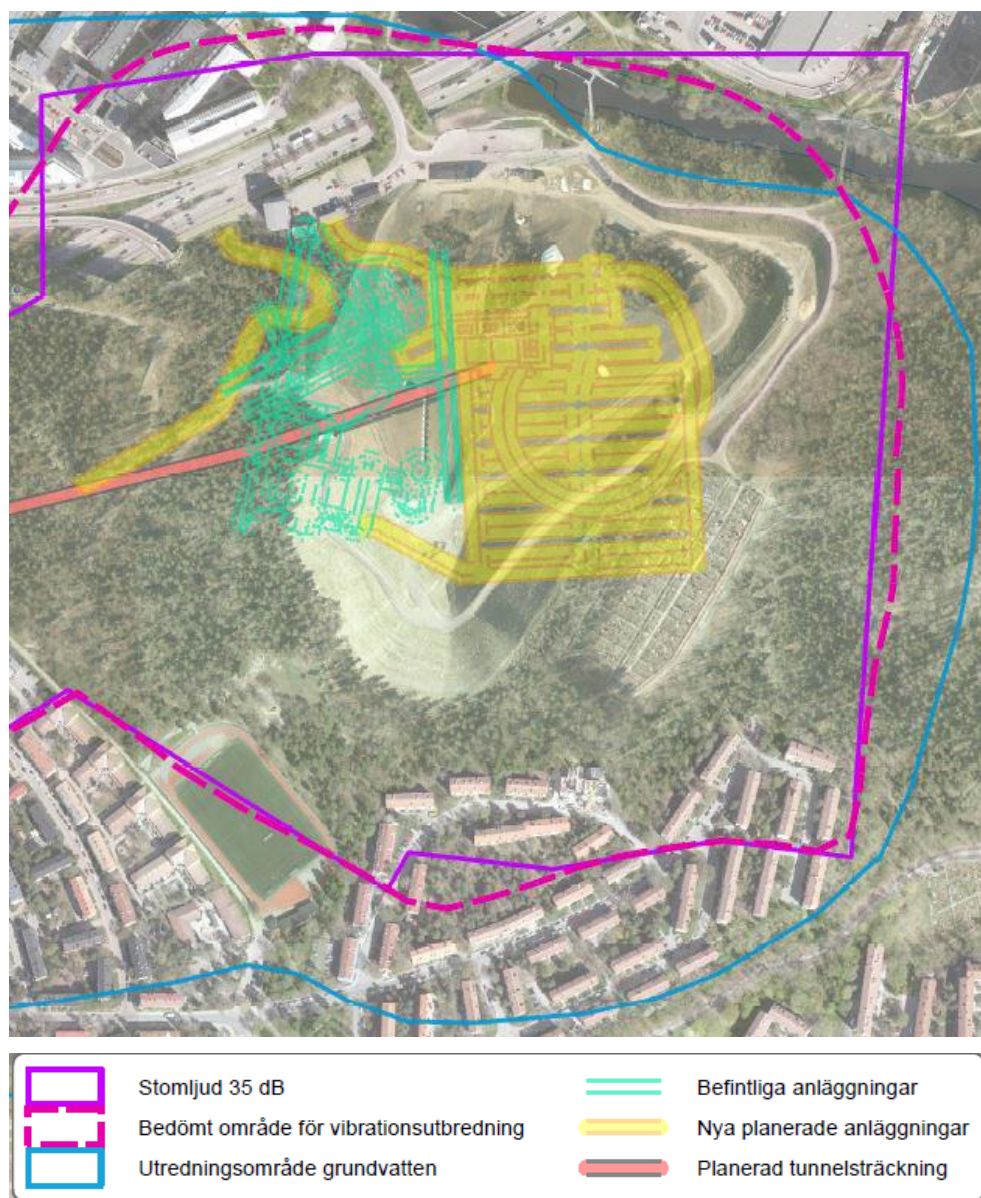
Utredningar om stomljud och vibrationer har genomförts i aktuella närområden till Henriksdals reningsverk, se Figur 5-4 och Figur 5-5. För stomljud är det svårt att sätta en nedre gräns för störning. Arbetet har utförts av Ansvarsbesiktning genom att jämföra uppmätta stomljud i tidigare bergprojekt i Stockholm. Resultatet visar att vid en yttre gräns för upplevd störning på ca 90 m från störningskällan (ex bormaskin) är värdena så låga som 30 dB.



Gränsvärdena för vibrationer har fastslagits genom svensk standard och redovisats i den riskanalys för vibrationer och luftstöt vågor som upprättats av Ansvarsbesiktning.

5.7.2 Sicklaanläggningen

Områden för utredning om stomljud och vibrationer runt Sicklaanläggningen framgår nedan av Figur 5-4 och 5-5. Beräkningar har visat att inga fastigheter påverkas av stomljud inom gränsen för 45 dB(A).



Figur 5-4: Utredningsområden för stomljud och vibrationer runt Sicklaanläggningen

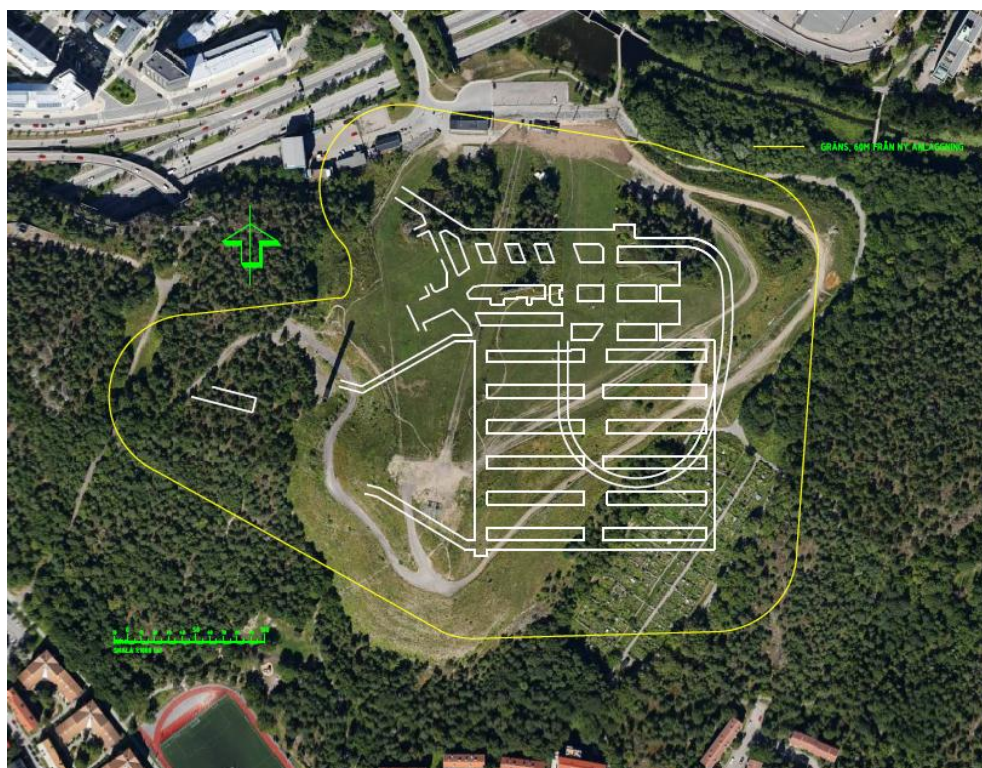
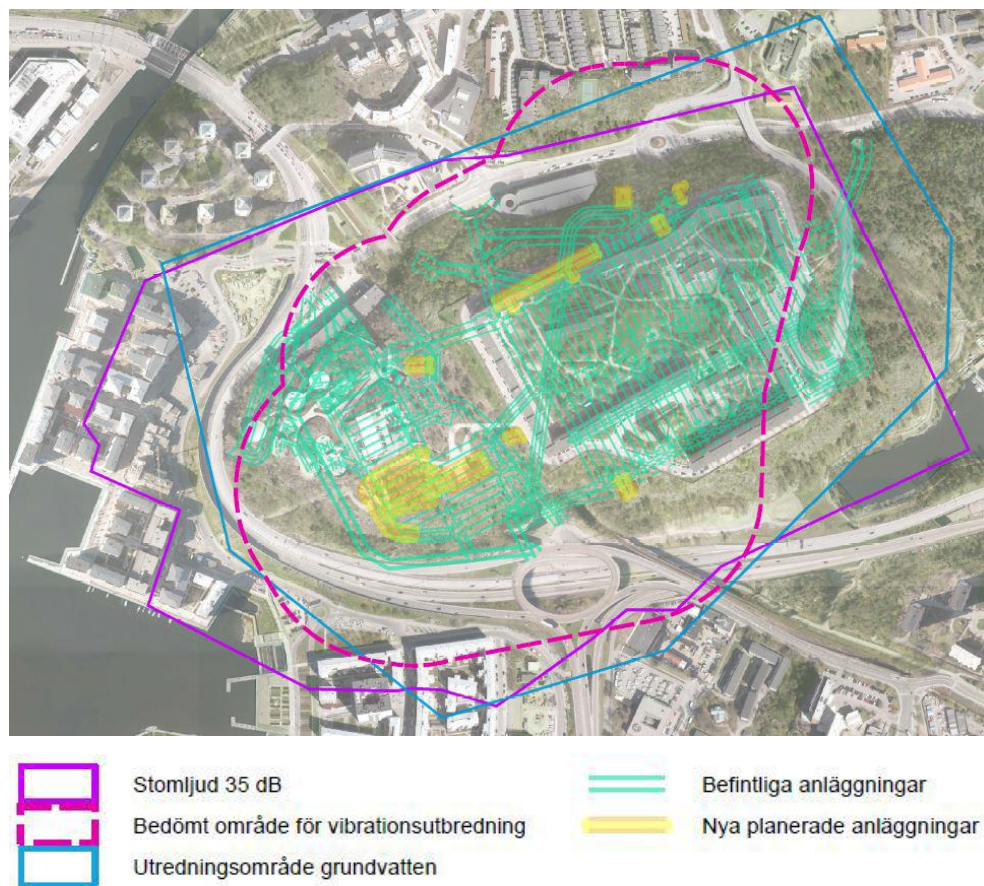


Fig 5-5 Påverkansområde Sickla, stömljud 45dBA inom gula linjen

5.7.3 Henriksdalsanläggningen

Områden för utredning om stömljud och vibrationer runt Henriksdalsanläggningen framgår nedan av Figur 5-6.



Figur 5-6: Utredningsområden för stomljud och vibrationer runt Henriksdalsanläggningen

Sprängningar är begränsade till Nordvästra delen av Henriksdalsberget kring bioblocken med ett sammanlagt berguttag på ca 25 000 m³ vilket inte kommer att upplevas som störande.

5.8 Tidplan

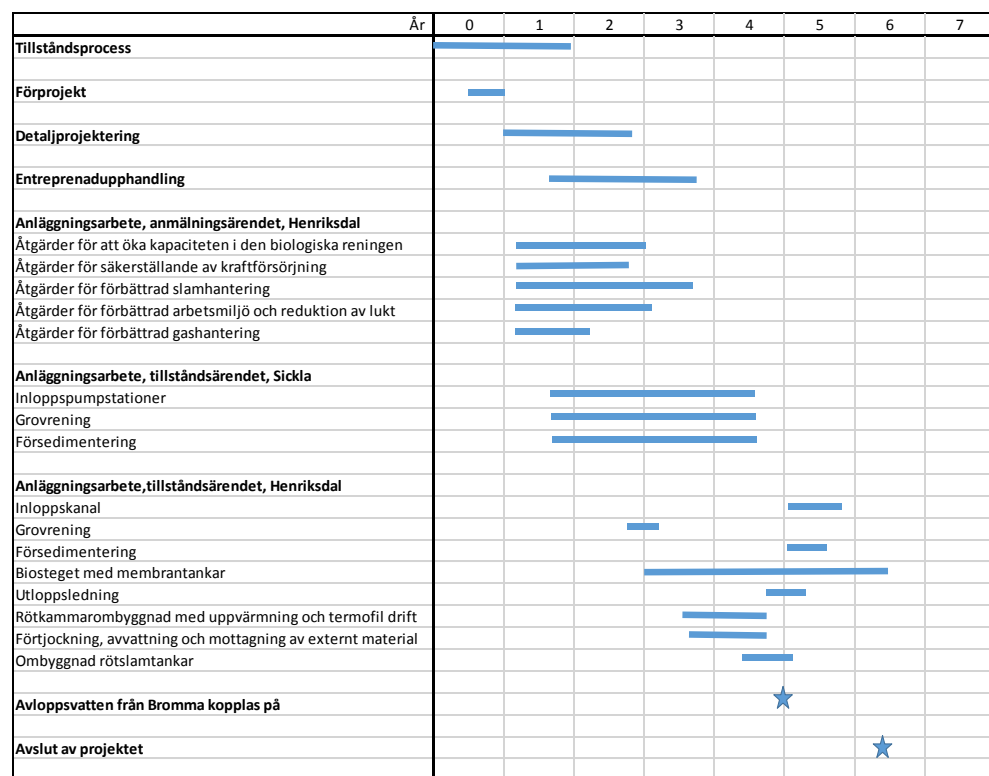
Henriksdal har under de senaste åren haft svårigheter att klara sina villkor. Både fosfor och BOD₇ har överskridits vid några tillfällen. Anläggningen saknar också nödvändig redundans för kraftförsörjningen. Slamhanteringen på Henriksdal är i stort behov av uppgradering. Kapaciteten på avvattningen är för liten och anläggningen för borttransport av slam är placerad så att transporter går på lokalgator.

För att säkerställa driften av Henriksdal på kort sikt och för att klara gällande villkor har Stockholm Vatten anmält åtgärder till miljöförvaltningen i Stockholms Stad som förbättrar anläggningen, minskar påverkan på miljön och som ger goda förutsättningar för genomförandet av den kommande utbyggnaden, den 24 november 2014 fick man ansökan beviljad. Inom ramen för nuvarande tillstånd kan arbetet

starta med vissa anläggningsarbeten innan man fått det nya tillståndet för den mer omfattande utbyggnaden, som ligger längre fram i tiden. De anmälda åtgärderna är:

- Åtgärder för att öka kapaciteten i den biologiska reningen
- Åtgärder för säkerställande av kraftförsörjning
- Åtgärder för förbättrad slamhantering
- Åtgärder för förbättrad arbetsmiljö och reduktion av lukt
- Åtgärder för förbättrad gashantering

En övergripande tidplan för kommande utbyggnad av Henriksdals reningsverk framgår av Figur 5-7. För mer detaljerad information hänvisas till respektive förstudie.



Figur 5-7: Övergripande tidplan för utbyggnaden av Henriksdals reningsverk

6 Bilagor

6.1 B1 Bromma Pumpstation Utredning

6.2 B 2 Layout Henriksdal

6.3 B 3 Kontrollprogram Henriksdal