

Vattenhantering vid ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark – läge Söderviken

Peter Ridderstolpe och Daniel Stråe
WRS Uppsala AB

Maj 2010

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co

Box 250, SE-101 24 Stockholm
Phone +46 8 459 84 00



Vattenhantering vid ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark – läge Söderviken

Peter Ridderstolpe och Daniel Stråe
WRS Uppsala AB

Maj 2010

Nyckelord: Behandling, Bortledning, Dagvatten, Denitrifikation, Fosfor, Föroreningar, Kväve, Lakvatten, LOD, Lokal dagvattenhantering, Länshållningsvatten, Nitrifikation, Recipientskydd, Rening, Spillvatten, Utsläpp, Vattenflöden, Våtmarker, Översilning.

Denna rapport har gjorts på uppdrag av SKB. Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna och behöver nödvändigtvis inte sammanfalla med SKB:s.

En pdf-version av rapporten kan laddas ner från www.skb.se.

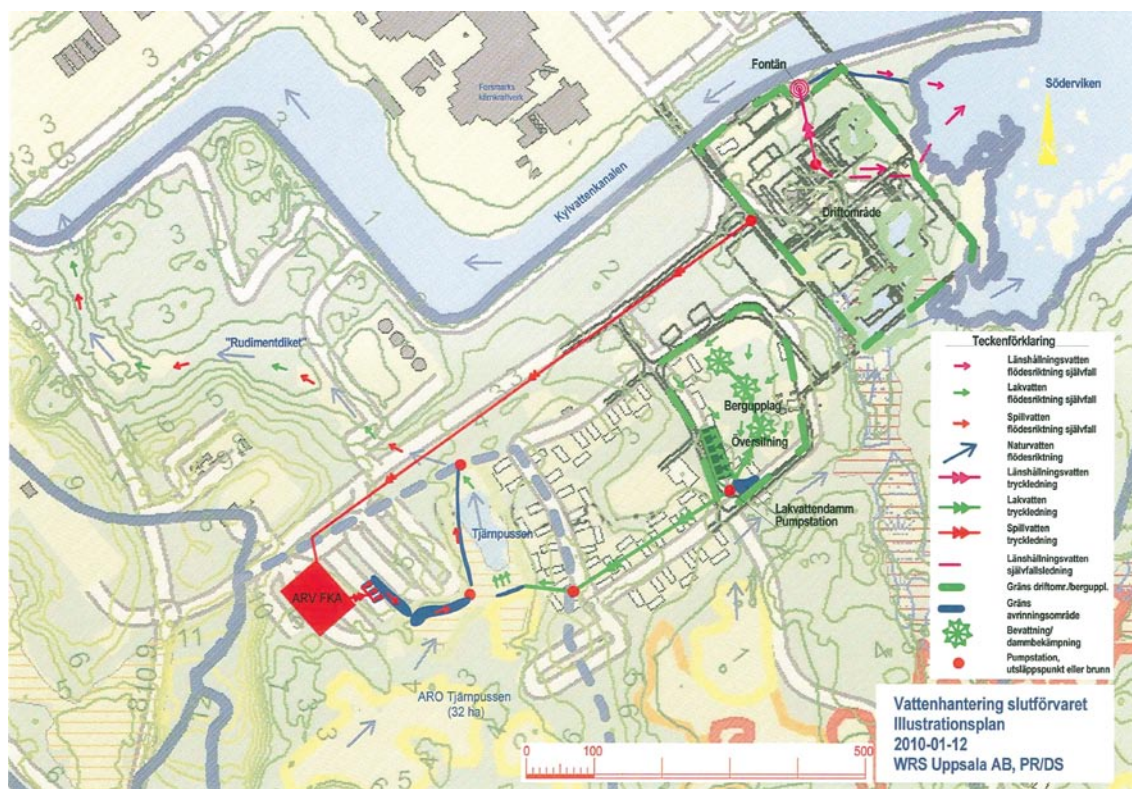
Sammanfattning

Det planerade slutförvaret ger upphov till förorenade vattenströmmar som kräver hantering. Dessa vatten bildas på olika platser inom området och varierar i flöde och innehåll med tiden. Deras potentiella miljöpåverkan och tekniska egenskaper är olika, varför behov och möjligheter till rening varierar. De vattenströmmar som studerats i denna utredning är (1) spillvatten, (2) länshållningsvatten, (3) lakvatten från bergupplag och (4) dagvatten. I länshållningsvatten ingår även släckvatten från brandbekämpning vid en eventuell brand i slutförvaret.

Utredningar kring hanteringen av de förorenade vattenströmmarna har genomförts under perioden 2004–2009. Under denna tid har både tekniska förutsättningar, bedömningar och beslut kring de olika vattnens hantering ändrats, varför information som tidigare redovisats delvis har blivit inaktuell. Ett syfte med denna rapport är att samla och uppdatera information och förslag kring de olika vattenströmmarna efter aktuella planeringsförutsättningar. Ytterligare ett syfte med rapporten är att redogöra för hur planeringsprocessen har genomförts och vilka överväganden som legat bakom beslut och förslag till vattenhantering. Rapporten är avsedd som ett underlag till SKB:s MKB-arbete och den fortsatta tekniska projekteringen.

Av de olika förorenade vattenströmmar som uppstår vid slutförvaret utgör spillvattnet den största potentiella risken för människors hälsa och miljön. Detta vatten kommer att anslutas till FKA:s planerade reningsverk, vars verksamhet provas separat. Lägen för hantering av de olika vattenströmmarna visas i figur 0-1.

Lakvattnet från bergupplaget förväntas komma att svara för det största bidraget av kväve, som mest cirka 4,5 ton per år. Lakvattnet kommer tidvis att innehålla mycket höga halter av kväve. Åtgärder för behandling är därför motiverade ur miljösynpunkt och har bedömts praktiskt och ekonomiskt rimliga att genomföra.



Figur 0-1. Föreslagna lägen för hantering av spillvatten, lakvatten och länshållningsvatten. Lakvattnet släpps efter behandling vid bergupplaget ut i Tjärnpussen medan länshållningsvattnet efter partikelavskiljning släpps ut i Söderviken. Spillvatten leds för behandling till FKA:s reningsverk och sedan ut mot kylvattenkanalen.

I det förslag som framarbetats för lakvattnets hantering är behandlingsdelarna (dvs komponenterna för översilning) placerade inom bergupplagets område, medan bortledning och efterbehandling sker via Tjärnpussen. Med förslaget bedöms i stor sett allt kväve kunna omvandlas till nitrat och årligen 2–3 ton kväve avdrivas som kvävgas. En så hög kväveavskiljning förutsätter att Tjärnpussen näringsberikas något med fosfor. Utredningen föreslår därför dosering av små mängder utgående, renat spillvatten från FKA:s reningsverk till lakvattnet under sommarhalvåret.

Länshållningsvattnet från slutförvaret kommer att innehålla betydligt lägre halter kväve än lakvattnet. De miljömässiga fördelarna av att behandla av länshållningsvattnet är små samtidigt som tekniker och kostnader blir orimliga, varför åtgärder utöver oljeavskiljning, sedimentation och värmeutvinning inte föreslås. För att skapa upplevelser och pedagogiska värden föreslås att länshållningsvattnet visualiseras i en vattensulptur innan det leds ut i havet via Söderviken.

Dagvatten från verksamhetsområdet bör hanteras i enlighet med principerna för LOD, lokalt omhändertagande av dagvatten. Förutsättningarna för detta bedöms vara mycket goda.

Den föreslagna hanteringen av förorenade vattenströmmar bedöms leda till obetydliga skador på miljön. Den övergripande ambitionen att halvera kväveutsläppen bedöms vara möjlig att uppnå. Det betyder att utsläppen av kväve till Östersjön kan begränsas till högst 3 ton kväve per år.

Negativa effekter av vattenhanteringen kan möjligen uppstå i och vid Tjärnpussen dit nitratrikt lakvatten (samt ev en mindre mängd utgående spillvatten) kommer ledas. Denna påverkan bedöms dock inte skada för naturvärden värdefulla biotoper eller arter.

Kostnaderna för hantering av de olika vattenströmmarna bedöms vara rimliga. Hanteringen av spillvatten underlättas genom närheten till FKA:s spillvattensystem. Systemet för behandling och bortledning av lakvatten kostnadsuppskattas till drygt 600 000 kr, vilket tillsammans med driftkostnader ger en årskostnad i storleksordningen 120 000 kr. Utslaget per kg reducerat kväve under hela verksamhetens bygg- och drifttid motsvarar behandlingskostnaden cirka 90 kr/kg N. Under byggperioden då kvävebelastningen är betydligt större erhålls en lägre kostnad per reducerad mängd kväve.

Summary

Different streams of polluted water, that must be managed and treated, will be discharged from the final repository. The water streams occur at different places and vary in time in terms of flow and content. The different types of water addressed in this report are (1) wastewater, (2) drainage water from the repository, (3) leachate from the rock stockpile and (4) storm water. The drainage water also includes firewater from the repository in the case of fire events.

Several investigations on the management of polluted waters have been carried out during the period 2004–2009. Meanwhile, technical prerequisites, different kinds of measures and decisions regarding the different waters have changed. One objective of this report has been to provide an updated overview of the prerequisites for the management of polluted waters, as well as of the strategies for their treatment. Another objective has been to give a brief account of the planning process and the considerations made. The report is part of the environmental impact assessment work and the technical planning process.

The wastewater is the most harmful of the different polluted waters with respect to people's health and the environment. Wastewater from the final repository will be treated in the Vattenfall Groups (FKA:s) new treatment plant, whose activity will be assessed separately.

Discharged leachate from the rock stockpile is expected to contain the greatest amount of nitrogen, at the most 4,5 tonnes per year. Nitrogen concentrations of the leachate will periodically be very high. Measures for treatment are environmentally motivated and are considered practically and economically reasonable to carry out.

Treatment of leachate by an overland flow system will take place within the rock stockpile area. Almost all ammonium is expected to be nitrified and turned into nitrate in this treatment system, and in the discharge system about 1–3 tonnes of nitrogen will be annually returned to the atmosphere as nitrogen gas. The discharge system includes a small lake Tjärnpussen and to improve denitrification this water will be slightly fertilized with phosphorus. It is therefore proposed that a smaller part of the discharge from the FKA wastewater plant is introduced into the leachate during the vegetation period.

Drainage water from the repository will contain much lower nitrogen concentrations than the rock stockpile leachate. The environmental advantages of treatment are small and, at the same time, techniques and costs are considered unreasonable. No treatment is proposed apart from sedimentation and oil-water separation. It is proposed that the drainage water (after heat extraction) is visualised in a water sculpture for esthetical and pedagogical reasons before discharge into the sea.

Storm water should be managed in accordance with the principles for local storm water control (non-piping solutions favouring infiltration, evapotranspiration, sedimentation and biological decomposition etc). The prevailing conditions are considered very favourable for such an approach.

The conclusive assessment of the environmental impact of the different polluted waters is that the impact will be small as long as suggested measures are taken. A total nitrogen reduction of fifty percent is considered achievable. The proposed steps taken, the nitrogen discharge into the Baltic Sea can be restricted to a maximum of three tonnes per year.

Locally, there will be an impact on the small forest lake "Tjärnpussen", due to the nitrate-rich leachate water and the additives of nutrients from the treated wastewater. However, there will be no negative impact on valuable habitats or species. Costs for treatment of the polluted waters have been found reasonable. Treatment of the wastewater will be cost-efficient due to the closeness to the FKA treatment plant.

Investment cost for management and treatment of leachate is estimated to 600,000 SEK. Operation and maintenance costs included, the annual cost will be approximately 120,000 SEK per year. Expressed per kg reduced nitrogen, this is equivalent to 90 SEK per kg N. During the construction phase, when the nitrogen load is higher, the cost will however be much lower.

Innehåll

1	Inledning	9
2	Metodik	11
3	Förutsättningar	13
3.1	Platsen	13
3.2	Uppkomst och mängder förorenat vatten	14
3.2.1	Spillvatten	14
3.2.2	Länshållningsvatten och släckvatten från slutförvar	16
3.2.3	Lakvatten från bergupplag	16
3.2.4	Dagvatten från driftområde	17
3.3	Naturvärden och recipienter	18
3.3.1	Anpassning till naturvärden	19
3.3.2	Berörda landområden och recipienter	19
4	Hantering av förorenade vattenströmmar	21
4.1	Spillvatten	22
4.2	Länshållningsvatten från slutförvaret	22
4.3	Lakvatten från bergupplag	23
4.3.1	Överväganden	23
4.3.2	Förslag till lakvattenhantering	24
4.4	Dagvatten	29
5	Bedömning av miljökonsekvenser	31
5.1	Praktiska och miljömässiga bedömningar	31
5.2	Bedömning av miljökonsekvenser	32
	Referenser	33
Bilaga 1	Begreppsförklaringar	35
Bilaga 2	Dimensioneringsgrunder för spillvatten	37
Bilaga 3	Dimensioneringsgrunder för länshållningsvatten och lakvatten	39
Bilaga 4	Beräkning av dagvattenflöden, föroreningsmängder och halter	41
Bilaga 5	Illustrationsplan vattenhantering	43

1 Inledning

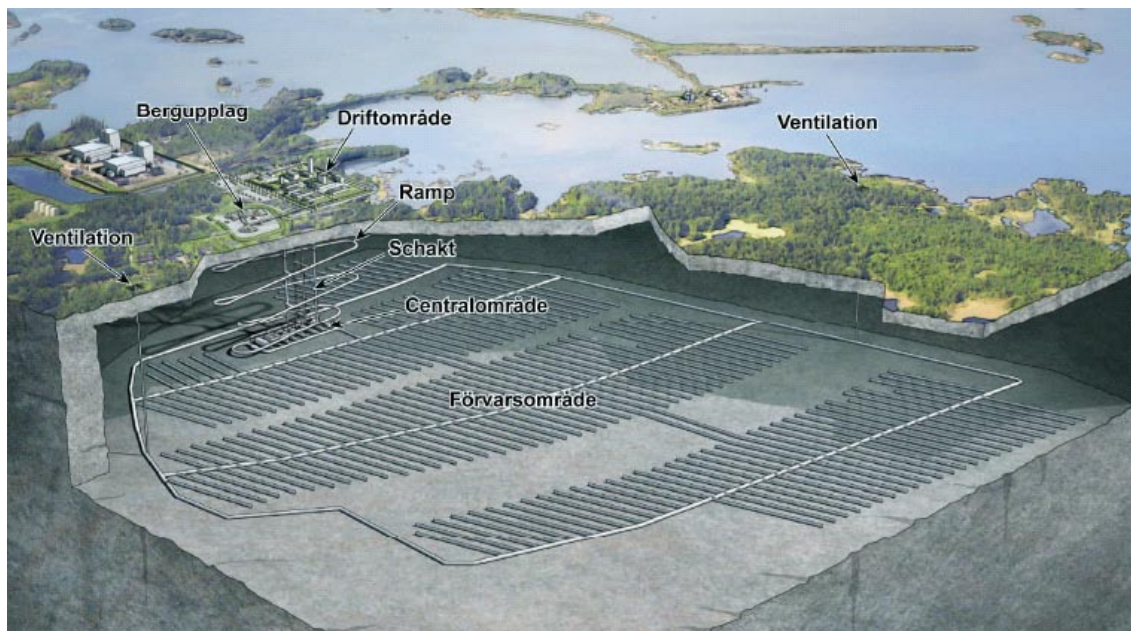
Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, arbetar sedan många år med att planera för ett slutförvar för använt kärnbränsle. Slutförvaret planeras förläggas i Forsmark. Själva slutförvaret sprängs ut i berget på 500 meter djup. Markförlagda anläggningar kommer att samlas i ett driftområde intill Söderviken. Strax intill driftområdet anläggs ett upplag för hantering av utsprängda och upptagna bergmassor, figur 1-1.

Byggskedet beräknas pågå i ungefär åtta år. Under denna period etableras infrastruktur både ovan jord och under jord. Merparten av sprängningsarbeten sker i byggskedets inledning, då bl a ramp (nedfartstunnel), skipschakt och förvarets centralområde byggs ut. Under byggperioden när aktiviteten är som störst kommer mer än 500 personer arbeta i området.

Driftskedet beräknas pågå i 45 till 50 år. Det använda kärnbränslet placeras i deponeringstunnlar som successivt byggs ut och försluts. Under driftskedet är verksamhet i form av sprängning och upplag av bergmassor mindre intensiv än under i byggskedet med färre arbetande människor på platsen som konsekvens av detta. Efter driftskedet följer ett avvecklingsskede, då tunnlar, schakt och ramp försluts. Avvecklingsskedet beräknas pågå i 10 till 15 år.

Under både bygg- och driftskede kommer verksamheten vid slutförvaret och tillhörande anläggningar ovan mark att ge upphov till flera förorenade vattenströmmar, vars hantering måste planeras för. De förorenade vattenströmmarna är spillvatten (sanitärt avlopp), länshållningsvatten från ramp, förvarsområde och övriga undermarksdelar (inklusive släckvatten vid eventuell brand), lakvatten från upplag av bergmassor, samt dagvatten från driftområde och tillfartsvägar.

Utredningar har i olika omgångar genomförts för att karaktärisera de vattenströmmar som uppstår och för att föreslå hur dessa vatten lämpligen bör omhändertas. År 2004 genomfördes en första utredning /Ridderstolpe och Stråe 2007, bilaga 8/ i syfte att belysa behov och möjligheter till kväverening för länshållningsvatten och lakvatten. Utredningen konstaterade att det miljömässigt och ekonomiskt mest fördelaktiga alternativet var nitrifikation och denitrifikation i våtmarksmiljöer, under förutsättning att tillgängliga ytor fanns att tillgå för ändamålet.



Figur 1-1. Slutföret av använt kärnbränsle sprängs ut i berget inom ett område strax söder om kärnkraftverket. Ovan jord byggs det så kallade driftområdet där ramp, hisschakt och servicebyggnader är placerade. Strax intill driftområdet anläggs ett bergupplag där utsprängda massor från slutförvaret kommer hanteras /ur SKBdoc, 1207622, ver 1.0/.

Som utgångspunkt för fortsatt planering för omhändertagande av de olika vattenströmmarna beslöt SKB att kväverening med våtmarksteknik skulle studeras. En ambition som bedömdes rimlig var att reningsåtgärder skulle leda till en halvering av kväveutsläpp från lak- och spillvatten.

Nästa steg i utredningsarbetet, som påbörjades hösten 2006, gavs inriktningen att studera platsförutsättningar i syfte att framarbete förslag på lokalisering, utformning och dimensionering av behandlingslösning. Under detta arbete väcktes frågor kring vilka övriga vattenströmmar som skulle uppstå och hur dessa skulle omhändertas. Det bestämdes att ett helhetsgrepp skulle tas i frågan för att skapa överblick om var och när olika förorenade vattenströmmar skulle uppstå och hur de skulle omhändertas. De strömmar som identifierades och som man beslöt utreda vidare var förutom lakvattnet och länshållningsvattnet också spillvatten och dagvatten.

Vad gäller lak- och länshållningsvatten föreslogs ett system för samordnad hantering och det konstaterades att ett behandlingssystem för kväverening kunde byggas vid sjön Tjärnpussen. Man konstaterade också att samordningsfördelar kunde göras med spillvattenhanteringen. För spillvattenhantering utreddes alternativ med lokal eller central behandling samt med eller utan urinsortering. För dagvatten utreddes och föreslogs metoder för lokalt omhändertagande /Ridderstolpe och Stråe 2007/.

Under hösten 2008 beslöt SKB att driftområdet och platsen för bergupplaget skulle placeras närmare havet. Den nya lokaliseringen intill Söderviken, innebar att befintligt reningsverk tillhörande Forsmark Kraftgrupp AB (FKA) måste flyttas och att lakvattnet inte kunde omhändertas och bortledas på det sätt som tidigare föreslagits samt att förutsättningarna för omhändertagande av lakvattnet ändrades. Nya modifierade förslag till vattenhantering behövde tas fram.

Ett fördjupningsarbete påbörjades med inriktning att platsanpassa och mer noggrant beskriva hur hanteringen av de olika strömmarna skulle gå till. Detta uppdrag genomfördes av WRS i nära samråd med både SKB och FKA /SKBdoc, 1233399, ver 2.0/.

För spillvattenhanteringen bestämdes att ett nytt reningsverk skulle byggas i FKA:s regi samt att SKB skulle ansluta sitt spillvatten till detta. För lak- och länshållningsvatten beslöts att en fördjupningsstudie skulle göras för att beskriva detaljer i utformning, dimensionering och platsanpassning av olika anläggningskomponenter. En viktig uppgift i detta arbete var att utreda hur behandling och bortledning skulle kunna utformas utan konflikt med naturvårdsintressen och hur samordningen skulle göras med spillvattenhanteringen i FKA:s nya reningsverk.

Tre olika förslag till utformning och lokalisering av hanteringssystem för de olika vattenströmmarna presenterades. De olika förslagen bedömdes ur praktisk och ekonomisk synpunkt liksom konsekvenser för miljö och naturvård. Förslagen granskades av de bägge verksamhetsutövarna (SKB och FKA) och man beslöt att inrikta planeringen så att samordning av spill- och lakvattenhanteringen skulle möjliggöras genom samlokalisering av vattenhanteringen vid Tjärnpussen. Ett krav som samtidigt ställdes var att hanteringen av de olika vattenströmmarna skulle ha tydliga ansvarsgränser och möjliggöra separat kontroll av respektive verksamhet.

Under 2009 tog FKA fram ett förslag till nytt reningsverk. SKB utvecklade samtidigt sina planer bland annat i samband med framtagande av underlag för tillståndsprövningen av slutförvaret.

Planering för vattenhanteringen har således pågått under en längre tid där förutsättningar och förslag förändrats. Därmed har det uppstått ett behov av att samla och uppdatera informationen om ytvattenflöden i ett och samma dokument.

Syftet med denna rapport är:

- Att skapa överblick över en komplex planeringssituation där flera olika förorenade vattenströmmar med varierande egenskaper skall hanteras och samordnas med annan verksamhet.
- Att definiera målen och principerna för vattenhanteringen samt placering, utformning och dimensionering av anläggningstekniska komponenter.
- Att bedöma kostnader och konsekvenser för miljö, naturvård men också möjligheter till samordningsfördelar och skapande av mervärden.
- Att redogöra för planeringsprocessen och överväganden bakom förslagen till vattenhantering. Detta som underlag för projektering och för prövning enligt miljöbalken.

2 Metodik

Den informationen som finns sammanställd i denna rapport baseras på arbeten som genomförts under en längre period och under olika uppdrag. De metoder som används i tidigare arbeten finns beskrivna i respektive rapport. Specifika metoder som till exempel beräkningar av vattenflöden och föroreningsmängder eller detaljer om hur sprängningsarbeten och bergmassehantering planeras har erhållits från olika källor som omnämns under respektive avsnitt eller bilaga. Nedan beskrivs översiktligt de metoder som används i arbetet.

Underlag och idéarbeten rörande spillvattnet har följt metodiken Öppen VA-planering. Med denna metod studeras tekniska möjligheter från platsgivna förutsättningar och tolkning av miljöbalkens krav. Öppen VA-planering förutsätter att flera alternativ studeras och verksamhetsutövaren deltar i arbetet med att formulera krav, idéer samt bedöma konsekvenser. För mer information om metoden, se www.wrs.se.

Hanteringsalternativ för länshållnings- och lakvatten har tagits fram på traditionellt sätt, dvs genom att bedöma miljöpåverkan och behandlingsbehov samt olika möjligheter för behandling.

För dagvatten har fokus lagts på att exemplifiera hur strategisk planering (t ex genom noggrann höjdsättning, placering och utformning av byggnader) kan möjliggöra lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) för att reducera kostnader och förebygga påverkan på miljön.

Utredningsarbetet har bedrivits på uppdrag av MKB-enheten på SKB. En nära dialog har förts med medarbetare på denna enhet. Uppgifter om tekniska planeringsförutsättningar har erhållits av SKB:s projekteringsenhet och platsansvariga för projektering i Forsmark. Idéer och framarbetade förslag har stämts av med medarbetare på dessa enheter. Flera möten har också hållits med FKA för att förankra idéer och förslag om teknik, platsval och samordning.

Båda enheterna har granskat framtagna handlingar. En kontinuerlig dialog har också förts med Ekologi-gruppen i frågor rörande naturvärdesbedömning och med EmpTec angående frågor kring vattenreglering och övrig vattenverksamhet. För frågor kring spillvattenhantering har dimensioneringsdata och hanteringsalternativ stämts av med Ramböll. Uppgifter om platsen har erhållits från SKB:s personal och SKB:s rapporter från platsundersökningarna samt från Artesia Grundvattenkonsult AB vad gäller lokal nederbörd och geohydrologi. Samtliga källor redovisas i referenslistan.

3 Förutsättningar

3.1 Platsen

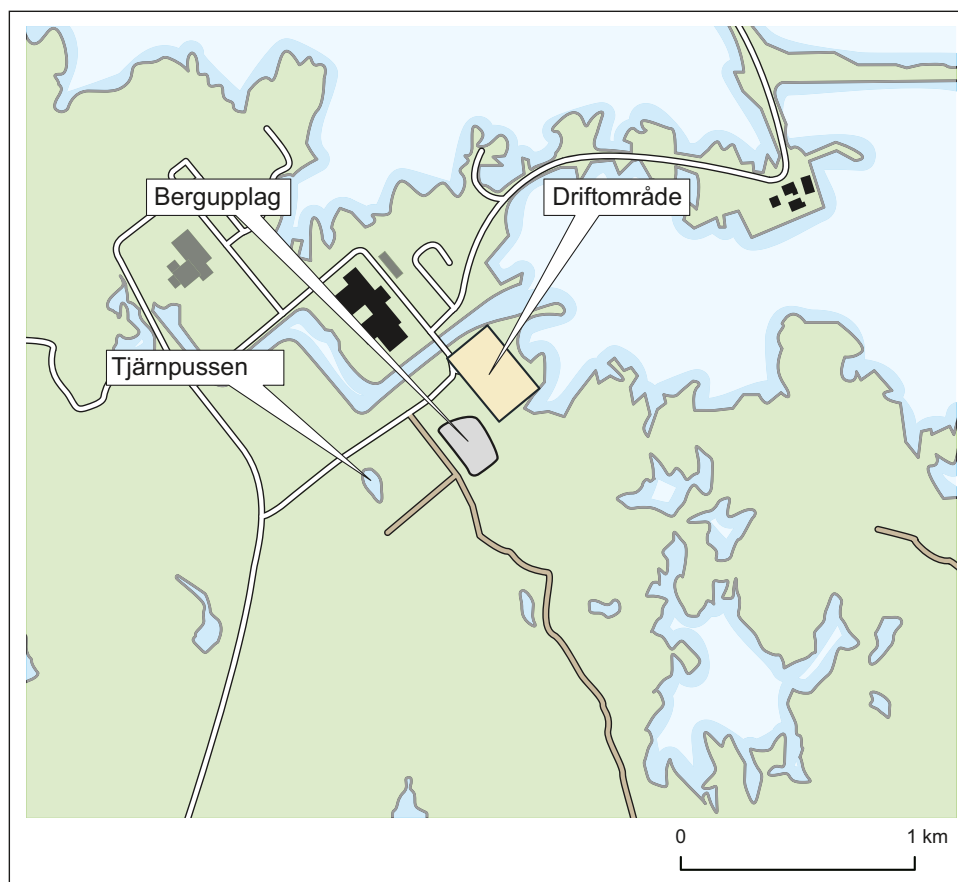
Lokaliseringen av slutförvarets driftområde och bergupplag framgår av figur 3-1 och figur 3-2. Driftområdet förläggs nära havet, mellan Söderviken och platsen för den befintliga barackbyn. Området kommer att fyllas upp med bergkrossmassor för att erhålla en jämn, stabil och säker nivå över havet.

Lokaliseringen kräver att FKA:s befintliga avloppsreningsverk rivs och ersätts med ett nytt reningsverk på en plats som inte kommer i konflikt med slutförvarets planerade verksamheter. Det nya avloppsreningsverket kommer enligt planerna att placeras mitt emot FKA:s befintliga vattenverk, på södra sidan om infartsvägen och väster om sjön Tjärnpussen. Det nära avståndet till infartsvägen gör platsen lämplig med tanke på transporter samtidigt som läget är väl skyddat av omgivande skog. Det är också nära till recipienten. Avståndet till slutförvarets driftområde är drygt 600 m.

Bergupplaget förläggs till den nuvarande barackbyns nordöstra del. Byggnaderna som finns inom området kommer att rivas.

Det omgivande naturlandskapet utgörs av småkuperad skogsmark med inslag av kärrmarker i dalsänkorna (kärrmarkerna beskrivs mer utförligt i senare avsnitt). Berg i dagen är sparsamt förekommande. Morän dominerar de kvartära avlagringarna och är vanligen sandig /Johansson et al. 2005/.

Naturvärden och andra förhållanden som kan påverkas i de kärn- och vattenområden som berörs av behandling och bortledning av olika ytvattenströmmar beskrivs i avsnitt 3.3.



Figur 3-1. Slutförvarets driftområde och bergupplag är lokaliserat vid Söderviken nära intaget för kylvatten till kärnkraftverket.

3.2 Uppkomst och mängder förorenat vatten

Planeringssituationen med fyra olika strömmar av förorenat vatten som uppstår i samband med byggande och drift av slutförvaret, samt deras karaktär med avseende på flöden och innehåll av miljöstörande ämnen, sammanfattas i figur 3-2 nedan. I texten som följer beskrivs de olika vattnen mer ingående (se även bilagorna 3 och 5).

3.2.1 Spillvatten

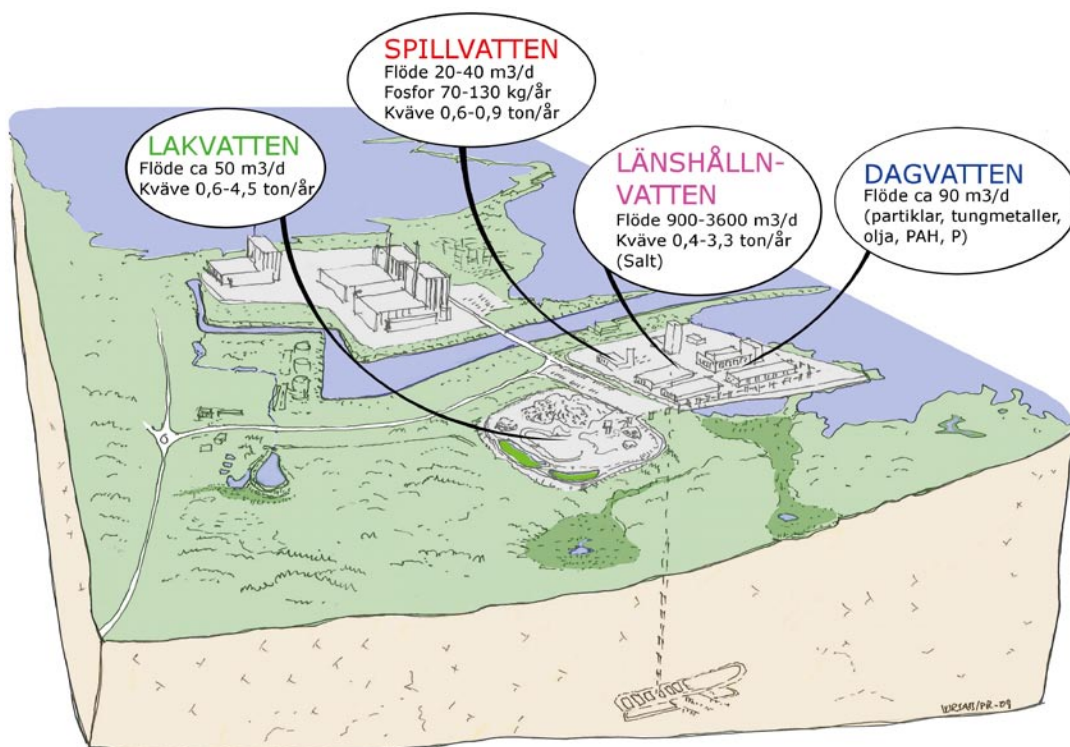
Det spillvatten som uppstår vid slutförvaret härrör från användning av sanitära installationer som toaletter, urinoarer, handfat, pentryn, tvättställ och duschar i driftområdets personal-, drift- och besöksanläggningar, samt nere i slutförvaret. De största mängderna spillvatten produceras ovan mark, där bland annat avlopp från duschar och handfat och pentry ingår. Någon restaurangverksamhet är ännu inte planerad.

I den aktuella lösningen för spillvattenhantering ingår inte urinsortering som metod att avskilja och möjliggöra återvinning av växtnäringssämnen. Däremot kommer urinaler att användas där så är möjligt, liksom teknik som minskar vattenförbrukning och spillvattenbildning.

Mängden spillvatten har beräknats från förväntat antal människor som kommer att vistas i området under bygg- och driftskede samt avvecklingsskede. Åtskillnad har gjorts mellan heltidsanställda, extern personal och besökare. Vid beräkningen har även skillnad gjorts mellan kontorspersonal och driftpersonal. Skälet är att personalkategorierna kan förväntas producera olika mängder spillvatten (avloppsfraktioner) framför allt till följd av olika behov av att använda dusch på arbetsplatsen.

I tabell 3-1 redovisas antalet personer som förväntas vistas i området och belasta avloppssystemet.

Uppskattade mängder vatten och föroreningar har beräknats utifrån bedömd närvarotid och aktiviteter för de olika kategorierna. Aktiviteter avser antal toalettbesök, måltider, duschanvändning med mera, uttryckt per personkategori och dygn. Flöden genererade från olika aktiviteter baseras på information från leverantörer och från schablonsiffror framtagna av bland annat Svenskt Vatten /Svenskt Vatten 2004/ och Naturvårdsverket /Naturvårdsverket 2006/.



Figur 3-2. Uppkomst av förorenade vattenströmmar under slutförvarets bygg- och driftskede inklusive flöden och föroreningsmängder.

Tabell 3-1. Antal personer som antagits komma att vistas i området och bidra till produktion av spillvatten och avloppsfraktioner, samt ungefärlig närvarotid.

	Byggskede (antal)	Driftskede (antal)	Vistelsetid (timmar/dag)
Heltidspersonal (medel)	350	230	8–10
Heltidspersonal (maximalt)	500	300	8–10
Heltidspersonal (som lägst)	25	25	8–10
Extern personal (transporter, mm)	50	50	4–10
Besökare	50	50	2–4

Flöden och föroreningsbelastning för framgår i tabell 3-2 och 3-3. För beräkningar se bilaga 2.

Dimensioneringsdata för bygg- resp. driftskede samt kommentarer kring beräkningsmetod och antaganden finns redovisade i bilaga 2. Siffror angivna för avvecklingskedet baseras på mycket preliminära bedömningar av SKB och är därför mycket osäkra.

Tabell 3-2. Specifik spillvattenproduktion per personalkategori samt spillvattenflöden och inläckage under bygg-, drift- och avvecklingskede.

Specifik spillvattenproduktion	Enhet	Byggskede	Driftskede	Avvecklingskede ¹
Heltidspersonal	l/pd	70	50	
Extern personal (transporter, mm)	l/pd	60	50	
Besökare	l/pd	10	10	
Spillvattenflöde vid högbelastning (Q_{st})	m ³ /d	40	20	
Inläckage (Q_d)	m ³ /d	5	5	
Dimensionerande flöde (q_{dim})	m ³ /h	3,4	1,7	
Årsflöde	m ³ /år	12 000	8 900	3 000
Total volym	m ³	96 000	400 000	39 000

¹ Angivna siffror är grovt skattade då underlag saknas för noggrannare beräkningar.

Tabell 3-3. Dimensionerande föroreningsbelastning, samt årsmängder av fosfor och kväve som tillförs spillvattnet.

Spillvatten	Enhet	Byggskede	Driftskede	Avvecklingskede ²
Dimensionerande belastning:				
BOD ₇	kg/d	8,8	5,6	2,2
Personekvivalenter ³	pe	125	80	31
Tillförda årsmängder:				
Fosfor	kg/år	132	64	33
Kväve	kg/år	900	600	225

² Angivna siffror är grovt skattade då underlag saknas för noggrannare beräkningar.

³ Räknat på 70 g BOD per person och dygn.

3.2.2 Länshållningsvatten och släckvatten från slutförvar

Länshållningsvattnet utgörs i huvudsak av inläckande grundvatten till ramp, centralområde och deponeringstunnlar, men också av bruksvatten från borrh-, spräng- och schaktarbeten (så kallat spolvatten). Spolvattnet utgör en bråkdel av länshållningsvattnet (< 0,5 l/s). Länshållningsvattnet utgörs alltså i huvudsak av djupt och rent grundvatten som i samband med sprängning och spolning kommer att tillföras vissa föroreningar, framförallt i form av sprängmedelsrester (kväve).

Inläckage av grundvatten pågår kontinuerligt så länge bergrum är öppna varför länshållningsvattnet kommer att pumpas upp med ett jämt flöde. Utifrån modeller för berggrundens vattenförande förmåga har inläckaget av grundvatten beräknats uppgå till cirka 10–20 l/s under byggskede och 20–40 l/s under driftskede /Werner et al. 2010/. Under tidigare planeringsskeden bedömdes ett lägre inläckage i berget.

Det inläckande grundvattnet innehåller salter från vittrat berg och från fossilt havsvatten. Salthalten i grundvattnet ökar generellt med djupet och på 500-metersnivån är salthalten 0,7 % vilket motsvarar den sätta som havsvattnet har utanför Forsmark.

Grundvattnets temperatur vid 500-metersnivån är drygt 14°C. Efter den värmewäxling som planeras bedöms vattnet vintertid hålla omkring 8°C och sommartid 12–14°C.

Som ett resultat av sprängmedelsanvändningen kommer länshållningsvattnet att förorenas med kväve. Kvävet uppstår från odetonerat sprängmedel och tillförs vattnet i form av nitrat och ammonium (sannolikt i ungefär lika delar). Sprängmedelsanvändningen förväntas leda till ett kväveinnehåll i länshållningsvattnet på maximalt 3,3 ton N/år under byggskedet respektive 1,7 ton N/år under driftskedet. Den högsta årsmedelkoncentrationen av kväve uppstår under byggtiden och bedöms maximalt uppgå till 10 mg N/l. Under driftskedet blir halterna lägre. Som högst beräknas årsmedelhalten vara 2,7 mg/l under driftskedet.

Vid eventuell brand i slutförvaret bildas släckvatten till följd av brandbekämpning med sprinklers och/eller brandförsvarets fordon. Släckvattnet kan förväntas innehålla föroreningar från en rad föroreningsgrupper som BOD₇, PAH:er, tungmetaller, dioxiner, flamskyddsmedel, tensider med mera /Larsson och Lönnermark 2002/. Släckvattenkapaciteten för uttag med brandförsvarets fordon uppgår till 20 l/s och sprinklervattenflödet till ca 40 l/s. Maximalt alstras 150 m³ släckvatten per timme vid brandbekämpning.

Nedan sammanfattas underliggande planeringsförutsättningar till grund för redovisade uppgifter om länshållningsvattnets flöde och föroreningsgrad:

- Inläckage grundvatten, byggskede 7 år: 10–20 l/s
- Inläckage grundvatten, driftskede 50 år: 20–40 l/s
- Uttag av fast berg, byggskede, 8 år: 600 000 m³
- Uttag av fast berg, driftskede, 45 år: 1 750 000 m³
- Bruksvattenbildning: 0,08–0,16 m³ vatten/m³ fast berg
- Åtgång sprängmedel: 2,2 kg per m³ fast berg
- Kväveinnehåll sprängmedel: 0,27 viktprocent
- Sprängmedelsförluster: 5–15 % odetonerat sprängmedel

3.2.3 Lakvatten från bergupplag

Uttaget av berg under både bygg- och driftskede ger upphov till stora mängder utsprängda bergmassor. Bergmassorna förs upp ur underjorden med skip (berghiss) och transporteras vidare med transportband till bergupplaget, ett hundratal meter sydväst om driftområdet. Huvuddelen av bergmassorna kommer att avyttras. Endast 5–10% massor lagras för att vid behov användas vid förslutning av slutförvaret.

De utsprängda bergmassorna grovkrossas under jord för att möjliggöra transport upp till markytan. En fortsatt krossning av berget görs eventuellt sedan vid bergupplaget.

Upplaget påbörjas då byggskedet inleds och byggs ut i full storlek redan i tidigt skede. Ytbehovet för upplag bedöms maximalt uppgå till 4 ha (inkluderande masshantering, bergkross, lakvattendamm och lakvattenbehandling). Efter att driftskedet avslutats avvecklas upplaget under de efterföljande ca 15 åren och återställs till naturmark.

Bergmassorna i upplaget förväntas innehålla relativt stora mängder kväve härrörande från odetonerade sprängmedelsrester. Kvävet kommer att lakas ut från bergupplaget i samband med nederbörd och snösmältning.

Den förutsättning som ligger till grund för beräkningar av flöden och kvävemängder baseras på den totala mängden sprängt berg som totalt kommer att hanteras. Hela denna mängd kommer sannolikt inte hanteras på bergupplaget, en viss del av massorna kommer bara flyttas från sprängningsplats och användas för utfyllnad av driftområdet. Detta innebär att framräknade kvävemängder i lakvattnet är något överskattade.

Det bör också observeras att i de flöden och mängder som beskrivs nedan ej beaktat ett eventuellt nyttjande av lakvattnet för dammbekämpning.

Bergmassornas höga porositet i kombination med avsaknad av växtlighet innebär att avdunstningen bli mindre än på naturmark. Lakvattenbildningen har beräknats till i medeltal cirka 20 000 m³/år, vilket motsvarar knappt 50 m³/d eller 0,6 l/s (bilaga 3). Eftersom bildningen av lakvatten beror av nederbörd och årstid kommer flödesvariationerna dock att vara stora. I samband med riklig nederbörd eller snabb avsmältning blir den momentana lakvattenbildningen betydligt större än medelflödet medan det under perioder med torrväder eller minusgrader inte bildas något lakvatten alls.

Kvävemängderna beräknas under byggskedet uppgå till 1,1–4,5 ton/år och under driftskedet till 0,6–2,3 ton/år. Spannet beror på osäkerheter kring hur mycket sprängda bergmassor som faktiskt kommer att hanteras, sprängmedelförlusternas storlek och på sprängmedelsresternas fördelning mellan massor och spolvatten, samt vilket slags sprängmedel som kommer att användas, bilaga 3.

Det bör observeras att de förutsättningar som ligger till grund för beräkningar baseras på den mängd berguttag som totalt planeras. Det är möjligt att inte hela denna mängd kommer att föras upp till bergupplaget, en del massor kan komma att användas direkt för fyllningsarbeten under mark eller ovan jord. Detta innebär att framräknade kvävemängderna i lakvattnet sannolikt ger en överskattning av de mängder som i verkligheten kommer att uppstå.

Förutom kväve kan lakvattnet från upplaget även föra med sig finpartikulärt bergkrossmaterial. Omfattningen bedöms dock kunna begränsas genom utformningen av uppsamlingsystemet.

Urlakningen av kväve ur bergmassorna bedöms ske snabbt i samband med nederbörd och snösmältning. Stora variationer i halter förväntas mellan exempelvis regniga perioder och perioder med mestadels torrväder. Haltvariationer kan också orsakas av ojämn tillförsel eller avyttring av bergmassor.

Årsmedelhalten beräknas under byggskedet som mest uppgå till 260 mg N/l. Under driftskedet beräknas årsmedelhalten som högst vara cirka 140 mg N/l.

3.2.4 Dagvatten från driftområde

Exploateringen av driftområdet innebär att ett delvis redan exploaterat område tas i anspråk men också områden med naturmark i form av skog och våtmarker. Nuvarande exploatering på platsen utgörs framförallt av parkeringsytor samt det befintliga avloppsreningsverket och tillhörande körytor. Utan en god planering och åtgärder kommer hårdgörningen att medföra en ökad tillförsel av föroreningar till recipienten Söderviken, men även viss risk för oönskade vattensamlingar inom området efter intensiv nederbörd.

I dagvattnet från driftområdet kan framför allt inertia (icke nedbrytbara) smutspartiklar förväntas, det vill säga kiseldamm och annat bergkrossrelaterat material. Dessa partiklar är inte giftiga, men kan få negativa effekter på närliggande vattenmiljöer genom grumling och efterföljande sedimentation på undervattensvegetation och bottenar. Dessutom kommer tungmetaller, organiska föroreningar och näringsämnen att tillföras dagvattnet från fordon, yttre byggnads- och beläggingsmaterial samt via luften (långväga luftburna föroreningar). Läckage av näringsämnen och grumling riskerar också uppstå vid beredning av området inför exploateringen.

För att möjliggöra en prognos av exploateringens inverkan med avseende på föroreningsmängder har schablonberäkningar för nuvarande och framtida situation gjorts. För beskrivning av beräkningsmetod, antaganden och indata, se bilaga 4.

Beräkningarna visar att utan motverkande åtgärder kommer de årliga föroreningstransporterna via dagvatten att öka. Framförallt påverkas avrinningens innehåll med avseende på tungmetaller och olja. Exempelvis uppgår de beräknade zinkutsläppen till 9 kg per år och utsläppen av olja till drygt 80 kg per år. Kvävemängden är däremot försumbar i sammanhanget. Resultaten har sammanställts i tabell 3-4.

Tabell 3-4. Förväntade flöden och föroreningsmängder i dagvatten före och efter exploatering av driftområdet utan åtgärder för lokalt omhändertagande.

Driftområde	Yta ha	Red. yta ha	Flöde m ³ /år	P kg/år	N kg/år	SS ton/år	Pb kg/år	Cu kg/år	Zn kg/år	Cr kg/år	Ni kg/år	Cd g/år	Hg g/år	Olja kg/år	PAH g/år
Före expl	12	0,6	3 400	0,1	3	0,1	0,0	0,0	0	0,0	0,0	1	0,1		
Efter expl	12	6	34 000	10	60	3,4	1,0	1,5	9	0,5	0,5	50	3,4	84	34
Förändring absolut		5,4	30 600	9,9	58	3,2	1,0	1,5	9	0,5	0,5	50	3	84	34
Förändring, ggr		10	10	75	23	25	50	69	180	280	320	75	34	-	-

3.3 Naturvärden och recipienter

Forsmarksområdet är känt för höga naturvärden i form av en kalkgynnad flora och sällsynta värmerelikta djurarter. I Forsmarksområdet finns t ex flera små vatten, så kallade gölar, som är livsmiljöer för hotade groddjur och en del ryggradslösa djur.

Kalkpåverkan från jordlagren och tidigare hävd bidrar till att kärnmarkerna är mycket artrika. I dessa så kallade rikkärr (kalkkärr) hittas en stor del av Sveriges orkidéarter. Ofta finns dessa rikkärrsmiljöer associerade till naturvärda småvatten, figur 3-3.



Figur 3-3. Känsliga naturvärden i form av gölar och rikkärr finns i området runt Forsmarks kärnkraftverk.

3.3.1 Anpassning till naturvärden

Både kalkärren och de gölar och andra småvatten som hyser de skyddsvärda växt- och djurarterna i Forsmark är känsliga för påverkan, inte minst tillförsel av kväve. Eftersom de ytvattenströmmar som uppkommer i samband med slutförvaret innehåller just förhöjda halter av kväve är det viktigt att finna plats för behandlings- och bortledningssystem (och skydda recipienterna) och å andra sidan att bevara naturvärda områden.

3.3.2 Berörda landområden och recipienter

Lägen för föreslagen vattenhantering med berörda landområden framgår av bilaga 5 och figur 0-1 samt figur 3-1. Nedan följer en beskrivning av dessa lägen och hur vattenhanteringen anpassats till bland annat naturvärden.

Tjärnpussen och utloppet till kylvattenkanalen

Tjärnpussen och utloppet till kylvattenkanalen kommer att beröras av utsläpp av nitrifierat lakvatten. Vattenområdena räknas som lokal recipient då dess vattenkvalitet bedöms bli påverkat av utsläpp.

Sjön Tjärnpussen är en gammal och naturligt bildad vattenförekomst. Vattnet är dystroft, dvs fattigt på näringsämnen och brunfärgat av humus. I de södra delarna växer utbredda bestånd av bladvass som expanderat ut i sjön på flytande rotmattor (figur 3-4). Sjöns fria vattenyta är cirka 5 000 m². Namnet ”Tjärnpussen” (som myntades 2007) återspeglar att sjön är liten och har karaktären av skogstjärn. Sjön saknade tidigare namn.

Tjärnpussens avrinningsområde är drygt 30 ha och utgörs av skog och myr. Beräknat från en specifik avrinning om 4,9 l s⁻¹ km⁻² är medelavrinningen genom Tjärnpussen knappt 1,5 l/s. Vid högflöden har avrinningen bedömts kunna uppgå till ett cirka 20 ggr detta flöde, alltså cirka 30 l/s.

Enligt den ekologiska inventering och naturvärdesbedömning som utförts i Forsmark /Hamrén och Collinder 2010/ är sjön näringsfattig och humös med en tämligen trivial växtlighet både i och kring stränderna. Sjöns botten är dock till stor del täckt av kransalger och havsnajas, vilka är ovanliga i sötvatten. Även två arter av trollsländor är funna i sjön. Dessa är upptagna på EU:s arthabitatdirektiv, men är relativt vanligt förekommande i norduppland. Det bedömdes att sjön bör naturvärdeklassas som klass 3 (kommunalt värde) men att kärmarkerna söder om sjön bör ges naturvärde klass 2 (regionalt värde). Det bedömdes vidare att kärret söder om sjön är under en fas av igenväxning med vass. Med avseende på den rödlistade gölgradan bedömdes att Tjärnpussen är mindre lämplig för grodlek och yngellokal.



Figur 3-4. Sjön ”Tjärnpussen” till vilken nitrifierat lakvatten kommer att föras. Sjöns stränder är kraftigt igenvuxna med bladvass.

Utloppet från Tjärnpussen ligger i sjöns norra del och leder vattnet norrut till kylvattenkanalen. Efter en kort dikessträcka genom skogen passerar vattnet infartsvägen i vägtrumma och leds sedan i ett öppet dike på västra sidan om oljedepån. Detta dike, "Rudimentdiket", används som sedimenteringsvolym för slam från FKA:s dricksvattenverk. Det fortsatta loppet mot kylvattenkanalen sker i ett vassdominerat stråk som letar sig fram genom ett i övrigt rudimentärt landskap dominerat av oljedepån, kraftledningsgator, ledningsstråk och fyllnader.

Inga av kärrområdena mellan Tjärnpussen och kylvattenkanalen har bedömts innehålla skyddsvärda arter.

Våtmarker vid Södervikens inre delar

Till Söderviken kommer olika ytvatten att föras, se figur 0-1. Söderviken är relativt öppen mot havet och kan vad gäller miljöpåverkan betraktas som en del av den regionala recipienten Östersjön, vilken beskrivs under nästa avsnitt.

Den innersta delen av Söderviken övergår söderut i kärrområden och här kan man tänka sig att lakvatten i händelse av "bräddning" kan ge en påverkan, det vill säga i ett fall då lakvatten av något skäl inte kan pumpas till Tjärnpussen. Som framgår av figur 3-1 berörs endast den nedre delen av detta kärrområde vid ett eventuellt bräddvattenutsläpp. I denna del är kärmarken kraftigt igenvuxen med bladvass. Den ekologiska inventering som genomförts /Hamrén och Collinder 2010/ bedömer dessa kärmarker som områden utan särskilda naturvärden.

Östersjörecipienterna – Söderviken, Asphällsfjärden, kylvattenkanalen, biotestsjön och Öregrundsgrepen

Söderviken och Asphällsfjärden utgör idag recipienter för FKA:s avloppsreningsverk och förser också kärnkraftverket med kylvatten via kylvattenkanalen. Söderviken är en liten vik med en vattenyta på drygt 10 ha och utgör den inre västra delen av Asphällsfjärden.

Söderviken bedöms vara relativt öppen och utan tydlig tröskel ut mot den utanförliggande Asphällsfjärden. Asphällsfjärden i sin tur avskärmas i norr och söder men är öppen österut mot Öregrundsgrepen. Tillrinningen av sötvatten är mycket liten och vattendjupet understiger 3 m. Någon hydrologisk studie av vattenomsättning i Söderviken har inte gjorts. Viken torde dock vara mycket väl ventilerad genom sin öppna kontakt mot Öregrundsgrepen och kylvattenintaget som uppgår till cirka 130 m³/s.

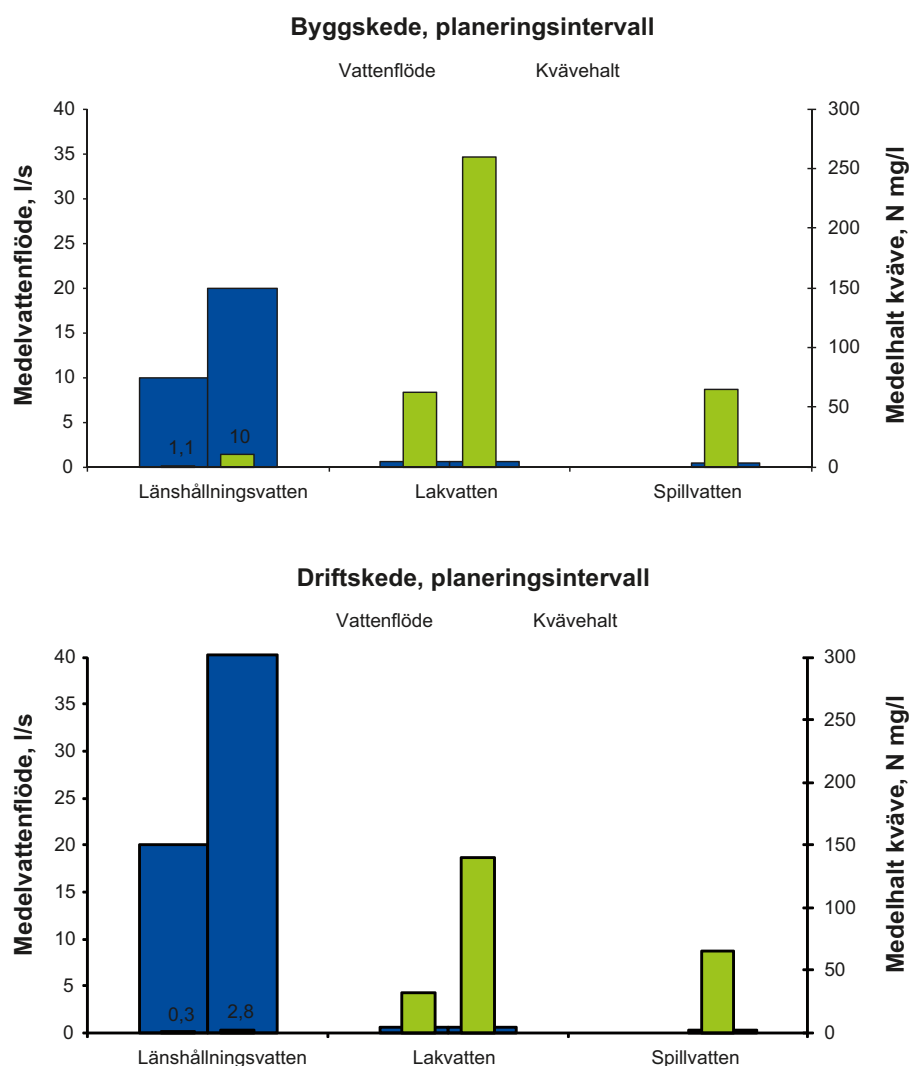
Den anlagda kylvattenkanalen till kärnkraftverket bedöms ha ringa eller inga naturvärden. För driften av kärnkraftverket ställs vissa krav på kylvattnets kvalitet. Det får t ex inte förorenas med olja eller partiklar som kan sätta igen kylvattensystemet.

Utsläppet av det uppvärmda kylvattnet från block 1 och 2 sker i den så kallade Biotestsjön, vilken i sin tur mynnar i Öregrundsgrepen. Kylvatten från block 3 släpps ut norr om Biotestsjön. Öregrundsgrepen för en stark ström av vatten söderut, en ström som ibland kallas för Dalälvens förlängning i Östersjön eftersom vattnet i sin kemiska sammansättning, liksom i flora och fauna bär spår av Dalälvens vatten. Primärproduktionen i Öregrundsgrepen begränsas i regel av tillgången på fosfor. Kvävebegränsning kan dock inte helt uteslutas i Östersjörecipienterna under perioder av växtsäsongen.

4 Hantering av förorenade vattenströmmar

De olika vattenströmmarna som produceras vid slutförvaret medför på olika sätt risk för negativ miljöpåverkan. Störst potentiell risk utgör spillvattnet då det innehåller sjukdomsframkallande mikroorganismer, likväl som kraftigt syreförbrukande och gödande ämnen. De största bidragen av växtnäringskväve torde uppkomma i lakvattnet från upplaget av bergmassor. Lakvattnet kommer också innehålla de i särklass högsta halterna av kväve jämfört med övriga vatten (figur 4-1).

Både miljömässiga och praktiska skäl talar således för att åtgärder för kvävereduktion bör fokuseras på lakvattnet. I avsnittet som följer beskrivs hur de olika vattenströmmarna är tänkta att hanteras. I illustrationsplanen, bilaga 5, redovisas översiktligt vattenvägarna i förhållande till verksamhetsområden, vattendelare, lokala recipienter och omgivande havsområden.



Figur 4-1. Vattenflöden och kvävehalter i länshållnings-, lak- och spillvatten angivna som medelvärden vid bygg- resp. driftskede (övre resp. undre figur). De två staplarna inom respektive kategori anger planeringsintervall, dvs minsta och högsta förväntade flöde/halt. Figuren visar att länshållningsvattnet har låga kvävehalter och höga flöden jämfört med i lak- och spillvatten i alla planeringsscenarioer.

4.1 Spillvatten

Ett principförslag för det nya reningsverket finns framarbetat. Reningsverket som kommer att vara placerat väster om Tjärnpussen (mitten mot FKA:s vattenverk) bygger på en satsvis process med mekanisk, kemisk och biologisk rening. Efter rening i verket kommer avloppsvattnet att efterbehandlas i ett anlagt system med våtmarker. Därefter leds vattnet förbi Tjärnpussen till det så kallade Rudimentdikedet. Möjlighet finns också att leda utgående vatten (eller en delström av det) via Tjärnpussen, se avsnitt 4.3.

4.2 Länshållningsvatten från slutförvaret

Länshållningsvattnet förväntas innehålla en tredjedel eventuellt upp till hälften av de totala kväveresterna till följd av sprängmedelsanvändningen. Som tidigare beskrivits kommer halterna både under bygg- och driftfasen att vara låga (figur 4-1). Under drifttiden kommer halten i medeltal vara som högst 3 mg/l. Denna nivå ligger under det man i ett praktiskt och ekonomiskt sammanhang brukar anse vara behandlingsbart.

Den samlade bedömning som gjorts är att särskilda åtgärder för behandling av länshållningsvattnet med avseende på kväve inte kan motiveras.

Innan länshållningsvattnet når markytan sker en uppfordring av vattnet i flera steg. Enligt planerna kommer vattnet pumpas i höjdsteg om vardera cirka 100 meter. Från centralområde och försvarsområdet pumpas vattnet från cirka 500 meters djup, medan vatten som läcker in i tunneltillfarten (rampen) uppsamlas vid varje 100-metersnivå. Vattnet kommer även att förorenas med partikulärt material i form av cementrester och borrhax, samt olja och andra föroreningar från arbetsfordon och maskiner. Före uppfordring passerar därför allt länshållningsvattnet sedimentationsbassänger och oljeavskiljare.

Vid marknivån pumpas länshållningsvattnet till en bassäng under ventilationsbyggnaden där värmeväxling sker för värmeutnyttjande. Bassängen fungerar som utjämningsmagasin för att kunna ampassa värmeutvinningen efter behovet och kommer samtidigt att erbjuda möjligheter till släckvattenhantering. I anslutning till ventilationsbyggnaden kommer också förberedas för möjligheter att pH-justera vattnet. Detta görs i händelse av att pH-värdet blir förhöjt till följd av cementanvändningen för tätning av berget.

Efter partikelavskiljning och värmeutvinning leds vattnet till havsrecipienten. I dagsläget diskuteras två möjligheter för bortledning, endera direkt till Söderviken via ledning (med mynning för befintligt avloppsutsläpp) eller via fyllningen av sprängsten som använts för driftområdet. I detta fall kommer vattnet att tränga ut mot havet vid driftområdets nordöstra kant, strax söder om den anlagda piren. Enklast och naturligt är sannolikt alternativet att bortleda via fyllningen av sprängsten.

Under driftskedet föreslås att länshållningsvattnet före utsläpp i havet nyttjas för gestaltning. Vattnet kan exempelvis pumpas över en vattensculptur som placeras på en visuellt strategisk plats, förslagsvis intill den besöksbyggnad som planeras mellan driftområdet och kylvattenkanalen. Ett porlande vatten över ett uthugget granitblock (figur 4-2) hämtat från den nivå där det använda bränslet förvaras kan här bidra till både skönhetsupplevelser och eftertankar hos betraktarna.

Lägen för länshållningsvattnets hantering framgår av bilaga 5 samt figur 0-1.

Bortledning av länshållningsvattnet från vattensculpturen görs lämpligen i form av en anlagd ”bäck” med hålldammar och små fallsträckor. Bäckens leds ut mot Söderviken via det dike som idag förbinder den så kallade norra gölen med havet, vilket också är den plats som kommer att föra ut dagvatten från driftområdet till havet.

Till vattensculpturen kan en valfri del av länshållningsvattnet pumpas. Om kostnadsskäl eller andra skäl talar för att enbart pumpa en delström eller att man periodvis vill avstå från att pumpa vatten dit, kvarstår det ordinarie utloppet.



Figur 4-2. Exempel på utformning av vattensulptur som kan användas för att synliggöra länshållningsvattnet för personal och besökare. (Foto: Kjell Gustavsson, Växjö kommun).

4.3 Lakvatten från bergupplag

Redan i det inledande utredningsskedet konstaterades att behov och möjligheter för att rena lakvattnet med avseende på i första hand kväve finns. Den behandlingsprincip som föreslogs 2004, dvs nitrifiering i recirkulerande översilning och denitrifikation i våtmark har sedan i olika omgångar preciserats och utvecklats, inte minst vad gäller lokalisering av olika behandlingsdelar.

I samband med en utredning 2008 valdes efter jämförelse mellan flera olika alternativ att lakvattnet skulle behandlas vid och bortledas via Tjärnpussen. Under 2009 förändrades förutsättningarna genom att man bedömde att mindre mängder berg skulle behöva upplagras. Därigenom minskade ytbehovet för bergupplaget och mängderna producerat lakvatten. Vid genomarbetning av förslaget med de nya förutsättningarna, befanns att processdelen för nitrifikation hellre borde placeras inom bergdeponin i stället för vid Tjärnpussen. Med en sådan lösning skapas t ex möjlighet till integrerad flödesutjämning och behandling av (nu mer koncentrerade) lakvattnet genom recirkulation samtidigt som lakvattnet kan användas för dammbekämpning och lättare kan kontrolleras. En nackdel med placering av behandlingsdelen inom upplaget är att möjligheten att näringsberika processen för nitrifikationen med spillvatten går förlorad.

4.3.1 Överväganden

Även om mindre mängder oljespill och grumlande partiklar kan förväntas är det framförallt lakvattnets innehåll av kväve som kan ge upphov till negativ påverkan i miljön. Lakvattnets kväveinnehåll bedöms kunna påverka miljön i Forsmarksområdet på flera olika sätt. Dels genom giftverkan på akvatiskt djurliv, dels genom att förändra livsbetingelserna för kärr- och vattenväxter, dels genom att stimulera algproduktion i havet (gödningsseffekt).

Lakvattnet måste således hanteras i syfte:

- att undvika giftverkan och syrebrist,
- att undvika att förändra livsbetingelser för skyddsvärda arter,
- att reducera risk för algproduktion i havet.

Undvika giftverkan och syrebrist

Det är ammonium/ammoniak som är giftigt för vattenlevande djur. Giftighet, eller så kallad akuttoxicitet, uppkommer redan vid en nivå av cirka 20 mg NH₄-N/l, vid neutralt till svagt basiskt pH, för känsliga vattenlevande djur som t ex fisk, musslor och kräftdjur /Lindgren et al. 2002/. Som framgått av tidigare avsnitt förväntas betydligt högre halter än så förekomma i det obehandlade lakvattnet.

Ytterligare en negativ faktor som kan följa av kväveutsläpp i små recipienter är att nitrifikation av ammoniumkväve kan ge upphov till syrebrist. Även för att minska kvävet syretäring är det därför önskvärt att nitrifiera vattnet (omvandla ammonium till nitrat) innan det släpps ut i lokala recipienter.

Skydda livsbetingelser för skyddsvärda arter

I naturligt mycket näringsfattiga kärr- och våtmarksmiljöer finns växter som direkt eller indirekt påverkas negativt vid tillförsel av kväve. Det gäller t ex sådana arter som är kvävefixerande eller som erhåller aminosyror genom att ”äta” insekter eller vattenlevande djur. Exempel på sådana arter i Forsmarksområdet är t ex vattenbläddra och silesår.

Kalgynnade växter som t ex många orkideer är känsliga för kvävepåverkan. Hur kvävet påverkar dessa växtarter inte helt är känt, men troligen minskar deras konkurrenskraft i förhållande till mer näringsälskande växtarter. En viktig del i arbetet med att framarbete förslag för vattenhantering har varit att hitta lägen så att påverkan av områden med kalkgynnad växtlighet undviks /SKBdoc, id 1233399, ver 1.0/.

Reducera risk för algproduktion i havet

Algproduktionen i havet utanför Forsmark begränsas i första hand av fosfor, men som nämnts i kapitel 3 anses även kväve kunna stimulera primärproduktionen under delar av växtsäsongen.

Strategin för lakvattenbehandlingen har varit att skapa ytor för kvävereduktion i syfte att minska kvävetillförseln till havet (minska risk för algutväxt) utan att för den skull skada naturvärda vatten- och kärrområden.

Mängden kväve som maximalt förväntas tillföras lakvattnet, 4,5 ton/år, är större än i länshållningsvattnet. Möjligheten att praktiskt och ekonomiskt behandla lakvattnet för kvävereduktion har bedömts vara goda då vattenflödena är små och koncentrationen av kväve blir hög. Målsättningen att halvera kvävemängderna ur de vattenströmmar som uppstår före utsläpp i havet bedöms vara möjlig att uppnå genom de åtgärder som nedan föreslås för lakvattenhantering.

4.3.2 Förslag till lakvattenhantering

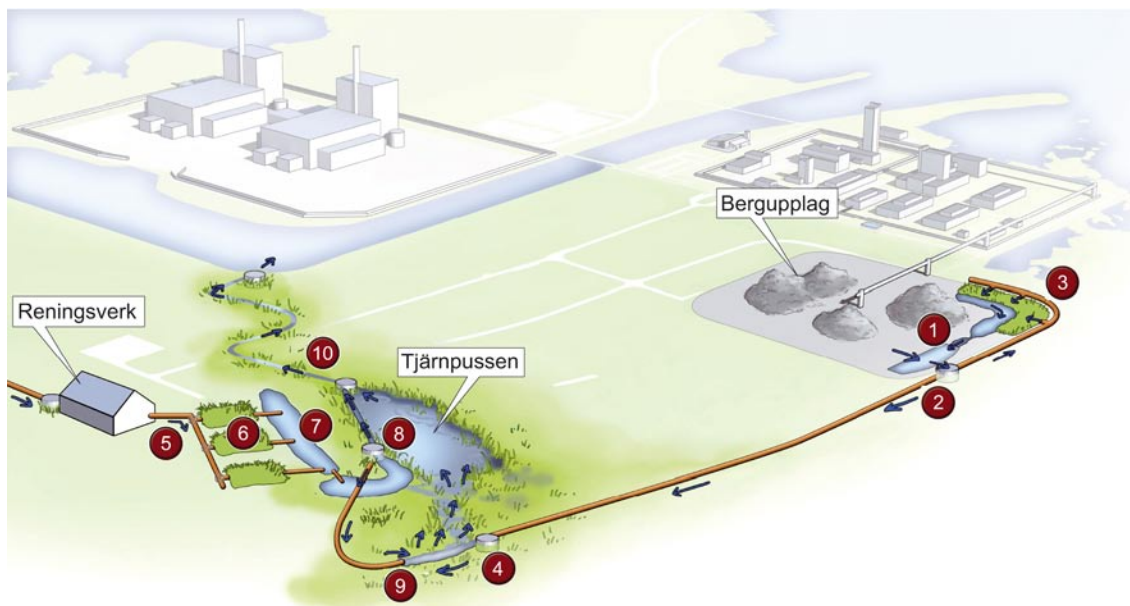
Principer och lokalisering för hantering av lakvatten visas i figur 4-3. Bergupplaget är placerat i barackområdets nordöstra del, se bilaga 5 och figur 0-1.

Huvuddelen av upplaget som totalt upptar cirka 4 ha, kommer att förläggas innanför befintlig vägstruktur. Området är relativt flackt men lutar svagt från norr till söder. Den naturliga avrinningen sker huvudsakligen via en lågpunkt i sydvästra delen till ett skogsdike som mynnar söder om det blivande driftområdet. Skogsdiket avvattnar även rikkärrområden söder om det blivande bergupplaget.

Uppsamling av lakvatten

Principer för hantering av lakvatten inom bergupplagets området visas i figur 4-4. Runt upplaget byggs en vall av bergkrossmaterial. Utanför vällen kompletteras och förstärks befintliga vägdiken så att så mycket som möjligt av omgivande vatten avleds till kringliggande mark. Förutsättningarna för avledning av yt- och grundvatten på detta sätt är gynnsamma tack vare den lokala topografin. Undantaget är en liten sänka i den nordöstra delen där det kan visa sig nödvändigt att komplettera med en vertikal tätskärm (geomembran) för att förhindra in- och utläckage.

Marken i upplagsområdet utgörs nästan uteslutande av sandig morän som sträcker sig 1–6 m ner till berget /Mörén och Nyström 2006/. I grundvattenrör SFM0107 som är placerat i direkt anslutning till områdets nordvästra hörn är grundvattenytan normalt belägen cirka 1,6 m under markytan /Johansson 2008/. Den övre metern av den sandiga moränen har generellt ett mättat K-värde kring 1×10^{-5} m/s och blir tätare, ner mot 1×10^{-7} , på större djup (Werner, pers. komm). En hydraulisk konduktivitet på 1×10^{-7} – 1×10^{-5} m/s motsvarar en infiltrationskapacitet på 8,6–860 mm/dygn.



1. Lakvatten från bergupplaget samlas upp i en sedimenterings- och utjämningsdamm vid bergupplaget.
- 2-3. Det sedimenterade och flödesutjämnade lakvattnet leds till en pumpbrunn (2) och pumpas över till en översilningsyta (3) för så kallad nitrifikation, det vill säga omvandling av ammoniumkväve till nitratkväve. Beskickningen till översilningen sker pulsvis och upprepas flera gånger genom att lakvattnet recirkuleras mellan sedimentationsdamm, översilning och pumpbrunn.
4. Utgående lakvatten går via avloppsbrunn till kärrområdet Tjärnpussen.
- 5-6. Spillvatten från reningsverket (5) efterbehandlas i så kallade pulskärr (6).
7. Vattnet samlas upp i en större damm för slutbehandling.
8. Utgående spillvatten leds från slutbehandlingsdammen till en utsläppsbrunn för kontroll. Efter utsläppspunkten leds det behandlade spillvattnet förbi Tjärnpussen via förbiledningsdike.
9. Från utsläppsbrunnen finns också möjlighet att pumpa en delström utgående spillvatten till utloppet för behandlat lakvatten för att fosforberika vattnet för optimal kvävereduktion.
10. Behandlat lak- och spillvatten leds ut från Tjärnpussen via en uttagsbrunn för reglering och kontroll till ett dike som mynnar ut i kylvattenkanalen.

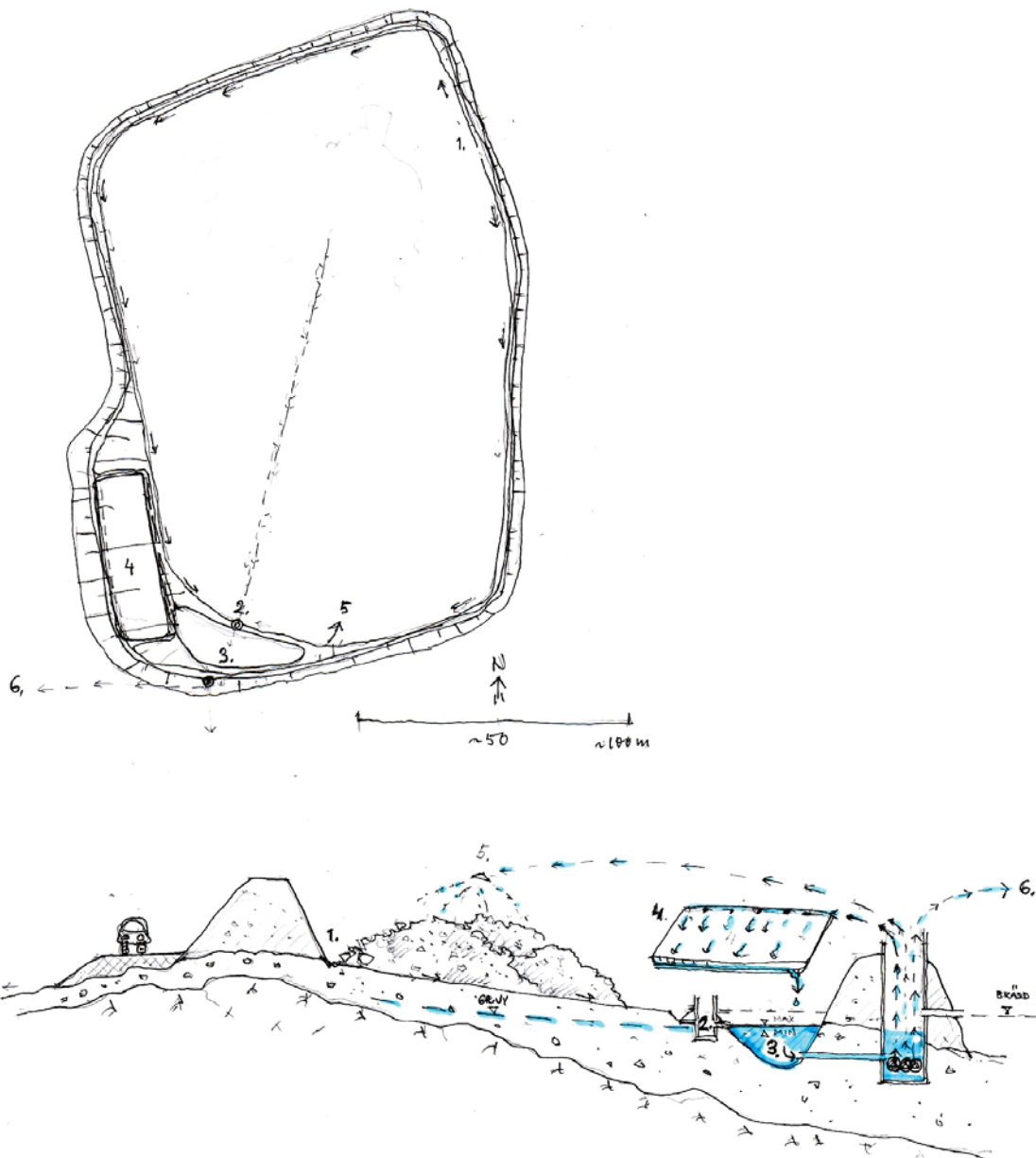
Figur 4-3. Skiss över rening av lakvatten med översilning och nitrifikation vid bergupplaget och fortsatt kväverening med möjlighet till samordning med FKA:s spillvattenhantering vid Tjärnpussen.

Eftersom marken inom upplaget är genomsläpplig kommer bildat lakvatten till stor del att infiltrera markytan och röra sig ner mot grundvattnet. När lakvattnet nått grundvattnet kommer det att följa grundvattenytans lutning. Genom att anlägga dränerande diken som når ner under den normala grundvattenytan och därför sänker av denna något, bedöms en effektiv uppsamling erhållas. Via dikessystemet leds sedan vattnet mot lågpunkten i det sydvästra hörnet, där en kontrollpunkt anläggs före uppsamling i lakvattendamm, punkt 2 i figur 4-4.

Pumpning och styrning

Lakvattendammen fungerar som tillfälligt magasin för uppsamlat lakvatten och för utjämning av flöden. Dammen grävs så pass djup så att den även vid torrperioder kommunicerar med grundvattnet. Vattnet i dammen kommunicerar med en pump- och utloppsbrunn. I brunnen installeras pumpar som kan pumpa vatten åt tre olika håll: (1) till översilningsyta för nitrifikation, (2) till upplaget för dammbekämpning och (3) till Tjärnpussens södra våtmarksområde för denitrifikation. Slutligen förses brunnen med ett bräddutlopp som leder bräddvatten till befintligt skogsdike mot Söderviken (se bilaga 5).

Anslutning mellan pumpstation och damm utformas så att nödvändig olje- och partikelavskiljning erhålls. För att motverka utläckage av lakvatten respektive inläckage av grundvatten är det viktigt att vattenytan i lakvattendammen följer omgivande grundvattennivå. Pumpning av vatten till Tjärnpussen föreslås därför styras efter vattennivån i ett grundvattenrör placerat utanför upplaget (utanför eller vid vällen söder om lakvattendammen). Pumpen för recirkulation till översilning styrs efter ett program med inställbara på- och avslagstider. Slutligen, aktiveras pumpen för återbevattning, efter behov.



Figur 4-4. Förslag till lägen och princip för uppsamling och recirkulering av lakvatten från bergupplaget. Planskissen (övre bild) visar placering av olika delar i hanteringssystemet medan sektionen (nedre bild) visar princip för hur vattnet hanteras. Förklaring av siffror: (1) diken för uppsamling av lakvatten, (2) mätbrunn, (3) damm för flödesutjämning och recirkulation, (4) översilningsyta för nitrifikation, (5) bevattningssystem för dammbekämpning, (6) tryckledning för bortledning av lakvatten via Tjärnpussen.

Översilning för nitrifikation

Ytan för översilning förläggs i nära anslutning till lakvattendammen. Förslagsvis byggs översilningen upp på släntfoten till vallen som därmed vidgas och planas ut mot dammen. Uppbyggnaden av översilningen görs med bergkrossfraktioner för att erhålla en sättningsfri, jämnt sluttande och erosionstålig grund. Ovanpå läggs ett matjordsskikt med lämplig mulljord varpå ett vatten- och näringstolerant gräs sås in. Ett exempel på en välanlagd översilningsyta visas i figur 4-5.

I mulljorden kan gärna stabiliserat slam från reningsverk ingå för att tillföra fosfor och andra näringsämnen till växtligheten och de nitrifierande bakterier som ska stå för reningen. Gräset på översilningsytan bör klippas flera gånger per år, gärna med en maskinburen slätterbalk, alternativt åkergräsklippare. Inför slätterinsatser stängs vattentillförseln till översilningen av.



Figur 4-5. Översilningsanläggning för lakvatten på Kvittens avfallsanläggning, Strängnäs kommun. (Foto: D Stråe, WRS Uppsala AB).

Påförsel av vatten till översilningen sker pulsvis så att markytan växelvis blötläggs och dräneras av. Beskickning sker via en ytligt förlagd spridarledning med hålen åtkomliga via inspektionsbrunnar för kontroll och rengöring. Efter översilning leds det uppsamlade vattnet via ett uppsamlingsdike tillbaka till lakvattendammen.

Översilningen dimensioneras för att erhålla hög nitrifikation och god spridning av vatten över ytan. Här föreslås en giva om 50 mm per dygn vilket har visat sig vara en gynnsam belastning vid lakvattenbehandling från tippar. För recirkulation två gånger medelvattenföringen (50 m³/d) behövs en översilningsyta på cirka 2 000 m². I genomsnitt kommer lakvattnet alltså med föreslagen dimensionering översilas två gånger innan det pumpas vidare mot Tjärnpussen för fortsatt kväverening.

Utloppsbrunnen från lakvattendammen utgör en lämplig plats för utsläppskontroll. Här kan prov tas för kontroll av halter och flöden registreras genom loggning av pumparnas gångtider.

Denitrifikation och bortledning

Från lakvattendammen och den recirkulerande översilningen pumpas vattnet till Tjärnpussen och dess södra våtmarksområde. Vatten- och våtmarksmiljöerna intill Tjärnpussen och nedströms denna sjö utgör lämpliga miljöer för denitrifikation. Denitrifikation utgör det andra steget i kväverenningsprocessen då nitratjoner omvandlas till ofarlig kvävgas.

Eftersom lakvattnet saknar annat näringsinnehåll än kväve och Tjärnpussen är näringsfattig, innebär ett visst tillskott av fosfor och andra näringsämnen att primärproduktionen ökar, vilket ger mer kolkälla för kvävereduktion. Ett sådant näringstillskott kan ske med artificiell näringslösning, men än bättre är att utnyttja restnäringen i det utgående, reade spillvattnet från FKA:s reningsverk. I det förslag som framarbetats (i samråd med FKA) har därför förberetts möjlighet för att tidvis kunna sammanföra en delström av utgående spillvatten med lakvattnet vid inloppspunkten i våtmarksområdet söder om Tjärnpussen. Detta inlopp utformas som en dikesanvisning varifrån tillfört vatten och naturligt tillrinnande vatten rör sig vidare ut i vassområdet ned mot Tjärnpussen.

Tillförsel av behandlat spillvatten gör endast nytta sommartid och kan ske med en liten pump och en ytförlagd tryckledning av mindre dimension.

Vid bortledningen av lakvattnet (som tidvis näringsberikats med spillvatten) är det önskvärt att så lång uppehållstid som möjligt skapas i våtmarks- och vattenområden. Genom kontakt med vegetation och förna skapas möjligheter för fastläggning och nedbrytning av restämnen, samt för denitrifikation av kväve. Nedan ges förslag till vattenreglering av sjön Tjärnpussen för att gynna vattenreningen, men samtidigt skydda värdefulla kringliggande kärrområden uppströms sjön.

Reglering av Tjärnpussen

En utredning om reglering av sjön Tjärnpussen har utförts och finns rapporterad i ett PM /SKBdoc id 1233417, ver 2.0/. Nedan sammanfattas delar av detta PM.

Utloppet vid Tjärnpussen utgörs idag av ett grunt och delvis igensatt dike. Det innebär att vattennivån kan stiga kraftigt och okontrollerat vid regn och snösmältning. Med en reglering av Tjärnpussen kan man (1) säkerställa att nuvarande högsta vattennivå inte överskrider, (2) förlänga vattnets uppehållstid i sjön inom rådande lägsta och högsta sjönivå, samt (3) möjliggöra flödesmätning och provtagning av vatten.

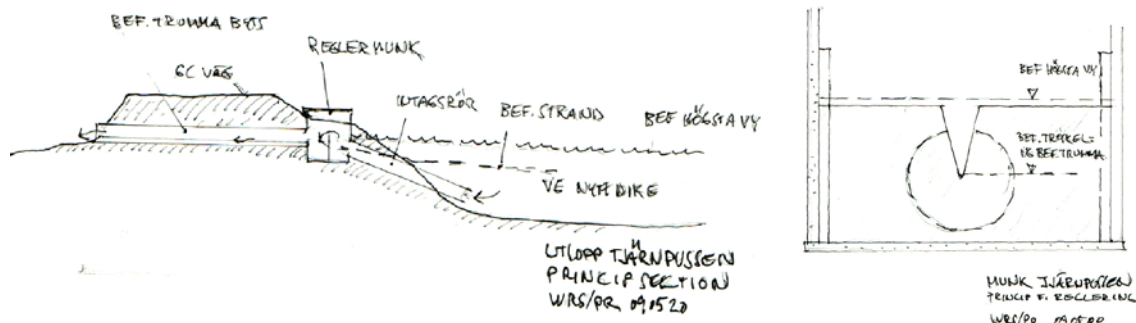
Utloppet förses lämpligen med en reglerbrunn med ett V-format överfall. Reglerdämmets löstagbara sättar ger möjlighet att reglera vattenytan till de nivåer som bestäms. Översta sättet görs V-format för att skapa möjlighet till flödesutjämning och mätning av flöden. För att maximera uppehållstiden i sjön placeras inloppsroret så att det tar in bottenvattnet till nivåregleringsbrunnen. Föreslagen utformning av utloppet illustreras i figur 4-6.

”Bakfall” i form av vattenflöden mot kärrområdet söder om sjön förhindras genom att anlägga låga jordvallar som skydd. Dessa vallar dämmer upp uppströms liggande vattenytor något i förhållande till den maximala vattennivå som bestäms för sjön, och som kan regleras med hjälp av sättarna i munken.

Regleringen av sjön innebär således inte att nuvarande max- och min-nivåer i sjön kommer att påverkas. Däremot kommer sjöns nivå vid lågvattentillrinning vara högre än idag. Tillförd mängd lakvatten är mindre än det naturligt tillrinnande vattnet till Tjärnpussen (ungefär en fjärdedel så stort). Då lakvattnet flödesmässigt samvarierar med det naturligt tillrinnande vattnet förutses lakvattnet bara innebära en marginell förändring av vattnets uppehållstid i Tjärnpussen (idag cirka 2 månader).

”Rudimentdiket”

Den fortsatta bortledningen av vattnet från Tjärnpussen sker i nuvarande dikessystem, ”Rudimentdiket”, till kylvattenkanalen. För att säkerställa att tillräcklig hydraulisk kapacitet och för att maximera kontakt med befintliga kärrområden krävs viss omläggning och rensning av diket.



Figur 4-6. Princip för utformning av utlopp och reglerfunktion vid Tjärnpussens utlopp.

4.4 Dagvatten

I tidigare utredningsskeden har principer för att omhänderta dagvatten lokalt (LOD) föreslagits och beskrivits /Ridderstolpe och Stråe 2007/. Den nu gällande havsnära placeringen av driftsområdet gör åtgärder för LOD särskilt viktiga eftersom det inte finns plats för reningsåtgärder mellan driftområdet och recipienten.

De aktuella planeringsförutsättningarna med en mark uppbyggd med sprängsten och krossmaterial ger stor frihet för att i detalj anpassa byggnader och markytor för att skapa möjligheter till fördröjning och infiltration av dagvatten.

De viktigaste delarna i ett välutformat lokalt omhändertagande av dagvatten från driftområdet bedöms vara:

- 1) att minimera de hårdgjorda, ej genomsläppliga ytorna,
- 2) att försä stora takytor med ”gröna” vegetationstak (figur 4-7),
- 3) att nyttja flacka diken, bevuxna grönytor och underliggande fyllnadsvolymer för fördröjning och rening. (Detta är särskilt viktigt för dagvatten från parkeringar och fordonsuppställningsplatser. Parkeringsruturor kan också förses med genomsläpplig beläggning),
- 4) att förhindra tillförsel av vatten eller andra vätskor som inte hör hemma i dagvattensystemet (bruksvatten från verkstäder och spohallar kan eventuellt anslutas efter föregående rening),
- 5) att använda dränerande ledningar för att medge infiltration i underliggande fyllnadsmassor om det i vissa fall blir nödvändigt med bortledning via dagvattenbrunnar och ledningar,
- 6) att i det längsta undvika direktavledning via brunn och tät ledning till recipienten.

Lokalt omhändertagande av dagvatten enligt de principer som beskrivs ovan innebär att traditionell kontroll genom provtagning av vattenkvalitet varken är möjlig eller meningsfullt. I stället föreslås att kontrollen inriktar sig på att framarbete och följa rutiner för skötsel och underhåll av t ex gräsbevuxta ytor.



Figur 4-7. "Grönt tak", parkering med skåldike för infiltration i underliggande porvolym samt öppna, flacka diken för utjämning, filtrering, sedimentation och biologisk nedbrytning. (Foto: A Jacobs, Täby k:n (överst), U Thysell, VASYD (nederst).

5 Bedömning av miljökonsekvenser

Det förslag som redovisats för vattenhanteringen vid slutförvaret bedöms medföra obetydliga skador på miljön. Den övergripande målsättningen att halvera kväveutsläppet bedöms vara praktiskt och ekonomiskt rimlig.

Spillvattnet behandlas för att eliminera risk för lukt och smittspridning, för recipientskydd och för återvinning av näringsämnen. För övriga vatten är det framförallt innehållet av kväve som kan påverka miljön och som föranleder åtgärder för behandling.

5.1 Praktiska och miljömässiga bedömningar

Spillvatten

Behandling av spillvatten i det planerade reningsverket inklusive efterbehandlingssystem förväntas ge mer än 95 % rening av fosfor och mer än 30 % kvävereduktion. Utgående vatten bedöms ha en hygienkvalitet motsvarande badvattenkvalitet. Återvinning av avskild näring kan ske via slamgödning. Förslaget att näringsberika lakvattnet med utgående avloppsvatten gynnar kvävereduktionen.

Länshållningsvatten

Länshållningsvattnets innehåll av föroreningar är så litet att särskild behandling utöver partikel- och oljeavskiljning inte bedömts behövligt och rimligt. Föroreningar i form sprängmedelsrester tillförs länshållningsvattnet i första hand under byggskedet då sprängningar för ramp, skipschakt och centralområde mm genomförs. Tillförda kvävemängder beräknas maximalt kunna uppgå till cirka 3 ton per år, men blir sannolikt betydligt lägre. Under driftperioden är tillförseln av kväve ännu lägre.

Halterna av kväve i länshållningsvattnet kommer vara låga, även under de mest ogynnsamma planeringsantagandena. Under driftfasen förväntas halterna ligga i samma nivå som ett ävatten i ett mellansvenskt jordbrukslandskap, t ex Olandsån i Östhammar.

Länshållningsvattnet består av djupt grundvatten och kommer pumpas upp ur underjorden i en ständigt flödande ström av klart, tempererat och bräckt vatten. Förslaget som framarbetats innebär att vattenströmmen renas från oljerester och partiklar och hanteras så att värme tillvaratas för uppvärmning av byggnader men också att möjligheter ges att tillvarata vattnet för gestaltning. I utredningen föreslås att länshållningsvattnet visualiseras i en vattensulptur och en porlande bäcksträcka.

Miljöpåverkan genom länshållningsvattnets utsläpp till havet är mycket liten. Efter värmeutvinning och eventuell gestaltning kommer vattnet släppas ut i Söderviken strax intill mynningen av kylvattenkanalen, ungefär i samma punkt där det befintliga reningsverket idag har sitt utsläpp. De årligen maximalt tillförda kvävemängderna (dvs under byggfasen), är lägre än de som idag årligen tillförs recipienten från FKA:s reningsverk.

Lakvatten

Lakvattnet bedöms innehålla de största kvävemängderna av de aktuella vattnen. Mängden vatten är liten varför halterna kommer att vara höga och behandlingsbara. Eftersom kväve negativt kan påverka havet har åtgärder för att reducera kvävemängderna bedömts vara miljömässigt motiverade.

Som nämnts i rapportens inledning har SKB ställt upp en egen ambition att halvera kväveutsläppen från lak- och länshållningsvatten. Då åtgärder för behandling av länshållningsvattnet med avseende på kväve inte bedömts praktiskt och ekonomiskt genomförbart (se ovan) har en utgångspunkt för förslaget till lakvattenbehandlingen varit att hela kvävereduktionen skall skapas med åtgärder för enbart detta vatten. Förutsättningarna för att klara detta har bedömts som goda tack vare att lakvattnet kommer uppträda i små flöden med höga kvävehalter.

I det förslag som framarbetats har alla centrala komponenter för lakvattnets hantering (uppsamling, flödesutjämning och nitrifikation) placerats inom bergupplaget. I tidigare förslag var behandlingen placerad vid Tjärnpussen då mer lakvatten förutsågs och därför mer yta behövdes för behandling.

Det aktuella förslaget möjliggör en mer samlad hantering, vilket bedöms fördelaktigt med tanke på drift- och kontroll men också genom att en tydlig ansvarsuppdelning mellan SKB:s och FKA:s verksamheter erhålls.

Nitrifikation av lakvattnet inom bergupplagets område och bortledning via Tjänpussen för denitrifikation bedöms innebära att i stort sett allt kväve omvandlas till nitratkväve och att 1–3 ton kväve per år avdrivs som ofarlig kvävgas.

Sammantaget bedöms målet att halvera utsläppen av kväve kunna nås. Kostnaden för anläggandet av systemet beräknas till drygt 600 000 kr och driftkostnaden till ungefär 70 000 kr per år. Utslaget per kg reducerat kväve under hela verksamhetens bygg- och drifttid motsvarar behandlingskostnaden cirka 90 kr per kg kväve. Under byggperioden då kvävebelastningen är betydligt större erhålls en lägre kostnad per reducerad mängd kväve.

Dagvatten

Möjligheterna till LOD bedöms vara mycket goda. Den uppfyllda marken i driftområdet innebär att topografi och genomsläpplighet kan bestämmas i detalj. Med genomtänkt höjdsättning av byggnader, vägar och grönytor bedöms avrinnande regn- och smältvatten enkelt och effektivt kunna omhändertas utan negativ inverkan på miljön eller verksamheterna i området.

Föreslagna LOD- åtgärder är effektiva för att avskilja suspenderat material, tungmetaller och oljeföreningar. Reningsgraden för dessa ämnen förväntas överstiga 90 %.

Genomförs LOD enligt ovan bedöms också att kostnader för investering, underhåll och skötsel blir liten.

5.2 Bedömning av miljökonsekvenser

Vattenhanteringen påverkar lokalt framförallt Tjänpussen genom tillförsel av nitratrikt lakvatten och resterande växtnäring i det renade spillvatten man väljer att pumpa till lakvattnet. Tjärnen som idag är mycket näringsfattig kommer därmed att ändra karaktär. Förändringen bedöms dock inte skada för naturvården värdefulla områden och behöver inte heller upplevas som estetiskt negativ.

Näringstillförseln kommer att stimulera den makrofytiska växtligheten i kärr- och strandområden, liksom tillväxten av mikroalger i dammens fria vatten. Vattnet i tjärnen kommer sannolikt få en grönare färg och något minskat siktdjup. Denna effekt bestäms dels av mängden näring som tillförs, men också av konkurrensen mellan mikrolager och större, fastsittande växter. I detta sammanhang har också fisksamhällets sammansättning betydelse.

Risken för mer allvarliga negativa effekter i form av syrebrist eller lukt är mycket liten. Inte ens om allt utgående spillvatten pumpades till Tjänpussen skulle sådana problem uppstå tack vare de stora mängder nitrat som tillförs via lakvattnet och kan syreförsörja växternas nedbrytning.

Tillförseln av kväve och små mängder fosfor kommer sannolikt missgynna vissa djur- och växarter som idag är typiska för Tjänpussen. Det gäller framförallt oligotrofa arter som vattenbladdra och rikkärsväxter som kan finnas i kärrmarkerna intill sjön, medan havsnajas och kransalger är betydligt mer toleranta för näringstillförsel. Påverkan kan inte uteslutas på evertebratfaunan i sjön.

I Östersjörecipienterna (kylvattenkanalen, Söderviken och Öregrundgrepen) ger utsläpp av fosfor upphov till stimulerad algproduktion, men även utsläppt kväve kan i viss mån bidra till detta.

Utsläppen av fosfor till havet är små. Efter behandling av det spillvatten SKB för till FKA:s nya reningsverk bedöms maximalt 6 resp 10 kg fosfor hamna i havet (drift respektive byggfas). Detta motsvarar fosforinnehållet i orenat avlopp från 3–4 normalhushåll.

Även de mängder av kväve som kommer att tillföras havsrecipienten är små. Under byggperioden bedöms mängderna uppgå till högst cirka 3 ton, vilket kan jämföras med kväveinnehållet i orenat avlopp från cirka 250 hushåll eller kväveförlusterna från ungefär 300 hektar åkermark. Dessa mängder kan möjligen uppkomma under byggfasen men under drifttiden är lägre kväveutsläpp att vänta.

Utsläppen av lakvatten i kylvattenkanalen och länshållningsvattnet sker i recipienter med omedelbar kontakt med öppet hav. Detta innebär att inte ens om kärnkraftverket läggs ned (strömmen av kylvatten upphör) kommer märkbara effekter kunna ses vid utsläppspunkterna. Påverkan på havet bedöms sammantaget alltså bli mycket ringa.

Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på www.skb.se/publikationer. Referenser till SKB:s opublicerade dokument finns samlade i slutet av referenslistan. Oppublicerade dokument lämnas ut vid förfrågan till dokument@skb.se.

Hamrén U, Collinder P, 2010. Vattenverksamhet i Forsmark: Ekologisk fältinventering, naturvärdesklassificering samt beskrivning av skogsproduktionsmark. SKB R-10-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Johansson P-O, Werner K, Bosson E, Juston J, 2005. Description of climate, surface hydrology, and near-surface hydrogeology. Preliminary site description Forsmark area – version 1.2. SKB R-05-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Johansson P-O, 2008. Description of surface hydrology and near-surface hydrogeology at Forsmark. Site descriptive modelling SDM-Site Forsmark. SKB R-08-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Larsson I, Lönnemark A, 2002. Utsläpp från bränder – Analyser av brandgaser och släckvatten. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP RAPPORT 2002:24.

Lindgren C, Fejes J, Solyom P, Svensson A, Viktor T, Allard A-S, 2002. Ammoniaks påverkan på akvatiska och terrestra organismer. Rapport IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

Mörén L, Nyström B, 2006. Behovsinventering, underlag och program för geotekniska undersökningar. Platsundersökning Forsmark. SKB P-06-45, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Naturvårdsverket, 1991. Allmänna råd 91:2.

Naturvårdsverket, 2006. Allmänna Råd 2006:7 om små avloppsanläggningar.

Ridderstolpe P, Stråe D, 2007. Omhändertagande av förorenade vattenflöden från ett slutförvar i Forsmark. SKB P-07-147, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Svenskt Vatten, 2004. Dimensionering av allmänna avloppsledningar, Publikation P 90.

Werner K, Hamrén U, Collinder P, 2010. Vattenverksamhet i Forsmark I. Bortledning av grundvatten från slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle. SKB R-10-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Oppublicerade dokument

SKBdoc id, version	Titel	Utfärdare, år
1233417, ver 2.0	Planerad vattenverksamhet vid sjön Tjärnpussen i Forsmark	Water Revival Systems, 2009
1233399, ver 2.0	Hantering av bergdränage, lak- och dagvatten samt samordning med FKA:s spillvattenhantering – Slutförvar i Forsmark, läge Söderviken	Water Revival Systems, 2008
1207622, ver 1.0	Slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark – underlag och motiv för platsval	SKB, 2009

Begreppsförklaringar

Ammonium	Kväveförening i jonform med kemisk beteckning NH_4^+ .
Anaerob	Syre- och nitratfri.
Avrinningsområde	Det topografiskt eller på annat sätt avgränsade område varifrån avrinningen sker till en och samma punkt eller recipient, vanligtvis en sjö, ett vattendrag eller ett hav.
Biologisk rening	Reduktion av syreförbrukande ämnen och eventuellt kväve med hjälp av mikroorganismer.
BOD ₇	Biologisk syreförbrukning, parameter som anger vattnets innehåll av snabbt syreförbrukande ämnen.
Dagvatten	Regn- och smältvatten som avrinner från exploaterat område eller annan yta inom tätbebyggt område, samt från vägar.
Denitrifikation	Bakteriell omvandling av nitratkväve (NO_3^-) till ofarligt luftkväve (N_2).
Dränvatten	Vatten i mark som avleds i ledningar för att förhindra fuktskador på byggnadsgrunder.
Evertebratfauna	Rygggradslösa djur.
Fosfor	Grundämne och växtnäringämne, kemisk beteckning: P.
Grundvatten	Vatten i marken som helt fyller porer, sprickor och andra hålrum.
Gungfly	En matta av levande växter och döda växtdelar, torv, drivved m m som flyter på vattnet.
Infiltration	Vattnets nedträngande genom markytan.
Kväve	Ett grundämne och växtnäringämne, kemisk beteckning: N.
LOD – lokalt omhändertagande av dagvatten	En rad åtgärder som syftar till att minska behovet av bortledningskapacitet från det område där dagvattnet bildas genom att gynna grund- och markvattenbildning, avdunstning och flödesutjämning. Syftet med LOD är också att så långt möjligt rena dagvattnet från dess föroreningar. Även åtgärder som förebygger uppkomst av föroreningar i dagvattnet kan räknas till LOD.
Länshållningsvatten	Till slutförvarets underjordiska anläggningar inläckande grundvatten, samt spolvatten från borrh- och sprängarbeten.
Makrofytt	Icke planktoniska växter (i vatten t ex flytblads-, vass- och rotade undervattensväxter).
Momentan	Ögonblicklig, i stunden; ej under ett tidsintervall.
Miljöbalken	Sveriges samlade miljölagstiftning som trädde i kraft den 1 januari 1999.
Nitrat	Kväveförening i jonform med kemisk beteckning NO_3^- .
Nitrifikation	Bakteriell omvandling av ammoniumkväve (NH_4^+) till nitratkväve (NO_3^-) som sker i syrerika miljöer.
Oligotrofa arter	Arter anpassade till näringsfattiga miljöer.
PAH	Polycykliska aromatiska kolväten, bildas när, exempelvis olika oljor, upphettas utan att fullständigt förbrännas. PAH är cancer framkallande.
pe	Personekivalent. En teknisk och juridisk term som används för att dimensionera en avloppsanläggning eller beskriva hur en sådan är dimensionerad. 1 pe motsvarar 70 g BOD ₇ /dygn.
Primärproduktion	Produktionen av växtlighet, växtplankton, alger och vissa bakterier.

Recipient	Mottagande vattensystem för ett tillflöde/utsläpp, såsom sjöar, vattendrag, havsvikar eller grundvattenområden.
Spillvatten	Spolvatten från vattenklosetter samt bad-, disk- och tvättvatten som sammanförts.
Syreförbrukande ämnen	Organiska ämnen som förbrukar syre när de bryts ned och därför kan ge upphov till syrebrist i vattendrag.
Sälta	Saltinnehåll.
Urinsortering	Isärhållande av urin från avföring med hjälp av t ex urinsorterande toaletter och urinoarer.
Ytvatten	Vattendrag, sjöar eller hav (i motsats till grundvatten).
Övergödning	Alltför hög tillförsel av näringsämnen (främst fosfor och/eller kväve) till ett vattendrag, vilket medför problem i form av igenväxning, algbloomning och syrebrist (bottendöd).

Dimensioneringsgrunder för spillvatten

Dimensionering sanitärt vatten		Upprättad 2007-03-02, rev. 07-03-28, 09-12-07, 2010-03-11	
SKB, slutförvar Forsmark		WRS, PR/DS	
Traditionellt WC med BDT			
	Enhet	Byggskede 8 år	Driftskede 45 år
Kommentar			
Antal personer/uppkomst vatten			
Heltidsanställda, 8 h, normal	st	350	230
Heltidsanställda, 8 h, max	st	500	300
Heltidsanställda, 8 h, min	st	25	25
<i>Spec. spillv.produktion heltidsanst.</i>	<i>l/pd</i>	70	50
Fördelning överaller/kavajer byggskede: 75/25; driftskede: 50/50. Överaller = 75 l/d (dusch: 50 l; WC: 2x5 l; pentry/restaurang: 15 l). Kavajer = 25 l/d (ej dusch, men övrig förbr. densamma) (Jämf. P 90 kontor = 60 l/pd).			
Externa arbetare, motsv 8 h	st	50	50
<i>Spec. spillv.produktion ext. arbetare</i>	<i>l/pd</i>	60	50
Fördeln överaller/kavajer 50%. 25% åter på restaurang/pentry (15 l). 50% överaller dushar. 100% går 3 ggr på toaletten, varav 75 % använder urinoar (0 l) och 25 % WC (5 l).			
Studiebesök, 3 h	st	50	50
<i>Spec. spillv.produktion studiebesök</i>	<i>l/pd</i>	10	10
Studiebesök: 50 % åter på restaurang (15 l), 100 % gör ett toalettbesök, varav 50 % använder urinoar (0 l) och 50 % WC (5 l).			
Spillvatten okända källor	m3/d	0	0
Inläckage	l/md	5	5
Ledningslängd självfall	m	1000	1000
Spillvatten			
Medeldygnsflode (Q)	m3/d	28	20
Maxdygnsflode (Q max)	m3/d	39	18
Minddygnsflode (Q min)	m3/d	2	1
Inläckage	m3/d	5	5
Antal timmar spill (Ts)	h	12	12
Antal timmar inläckage	h	24	24
Avloppsflode max tot	m3/d	44	23
Dimensionerande flode (Qdim)	m3/h	3,4	1,7
Årsflode	m3/år	12 000	8 900
Total volym	m3	96 000	400 000
Avvecklingskede, 13 år:			
			3000
			39000
Ämnestransport			
<i>Spec. BOD7-belastning</i>	<i>g/pd</i>	16	16
BOD7-belastning	kg/d	8,8	5,6
BOD7-belastning	ton/år	3,2	2,0
33 % av normal pe räknat på maxbelastning (Normal pe=48 g/pd; Naturvårdsverkets Allmänna Råd 2006:7 om små avloppsanl.)			
Grundat på antal fast anställda (max)			
<i>Spec. P-belastning</i>	<i>g/pd</i>	0,66	0,5
P-belastning	kg/d	0,4	0,2
P-belastning	kg/år	132	64
33 % av normal pe räknat på maxbelastning (2,0 g/pd; Naturvårdsverkets Allmänna Råd 2006:7 om små avloppsanl.)			
Grundat på antal fast anställda (normal)			
<i>Spec. N-belastning</i>	<i>g/pd</i>	4,62	4,62
N-Belastning	kg/d	2,5	1,6
N-Belastning	ton/år	0,93	0,59
33 % av normal pe räknat på normalbelastning (14 g/pd; Naturvårdsverkets Allmänna Råd 2006:7 om små avloppsanl.)			
Grundat på antal fast anställda (normal)			

För framräkning av flöden har de olika personalkategoriernas specifika spillvattenproduktion multiplicerats med antalet personer inom respektive kategori. I tabellen nedan redovisas specifik spillvattenproduktion för respektive personkategori, samt beräknat maxdygnsflöde för det spillvattensystem som planeras. Här förutsätts att tillförsel av dränvatten från husgrunder eller tvätt- och spolvatten från maskin- och fordonshallar ej sker. Däremot är det svårt att helt förhindra att grundvatten och dagvatten läcker in i systemet. Nya ledningssystem lagda med plaströr och gummipackning är mycket täta och där ledningsgravar läggs ovan grundvattnet (som vid driftområdet) kan inläckage helt undvikas. Här används ändå den konservativa siffran 5 l/m d /Naturvårdsverket 1991/.

Den totala ledningslängden för uppsamlingssystemet i arbetsområdet har uppskattats bli ca 1 000 m, vilket ger ett inläckage på ca 5 m³/dygn.

Den dimensionerande hydrauliska belastningen för förbehandling och behandling (q_{dim}) beräknas ur följande ekvation:

$$q_{dim} = Q_s/T_s + Q_d/T_d$$

där Q_s är dygnspillvattenflödet, T_s är tiden av dygnet för spillvattenflöde (timmar), Q_d är det inläckande dygnsflödet och T_d är tiden av dygnet då inläckage sker (timmar). I detta fall sätts T_s till 12 och T_d till 24.

Den mängd föroreningar som de olika personkategorierna tillför spillvattensystemet har beräknas från vistelsetiden och schablonsiffror för normal specifik föroreningsbelastning /Naturvårdsverket 2006/.

Försäljning av tvättmedel med fosfat förbjöds från och med september 2008. I framräkningen av föroreningsmängder har förbudet beaktats.

Dimensioneringsgrunder för länshållningsvatten och lakvatten

Dimensioneringsgrunder för hantering av länshållningsvatten och lakvatten						
Forsmark - läge Söderviken, layoutskede D				WRS Uppsala AB, DS		
				2010-03-09		
Utspårda bergmassor						
	Fast berg					
	m3					
Byggskede	600 000		Byggskede = 8 år			
Driftskede	1 750 000		Driftskede = 45 år			
Summa						
Spolvattenbildning						
	Uppkomst		Volym		Flöde	
	m3/m3 berg		m3		m3/år	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Byggskede	0,08	0,16	48 000	100 000	6 000	13 000
Driftskede	0,08	0,16	140 000	280 000	3 100	6 200
Lakvattenbildning						
	Min	Max	Källa/antagande			
Deponiyta		4,0	ha Muntlig uppgift SKB			
Nederbörd	560	560	mm/år R-08-08			
Interception/avdunstn	140	112	mm/år (25-20%) Skattn utifrån dygnsnederb.analys, Artesia/WRS			
Lakvattenbildning	420	450	mm/år (75-80%) Skattn utifrån dygnsnederb.analys, Artesia/WRS			
Vattenflöden						
	m3/år		Medelflöde		l/s	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Grundvatten						
Byggskede	320 000	630 000	860	1 700	10	20
Driftskede	630 000	1 300 000	1 700	3 500	20	40
Spolvatten						
Byggskede	6 000	13 000	16	36	0,2	0,4
Driftskede	3 100	6 200	8	17	0,1	0,2
Länshållningsvatten (grundvatten + spolvatten)						
Byggskede	330 000	640 000	880	1 700	10	20
Driftskede	630 000	1 300 000	1 700	3 500	20	40
Lakvatten						
Byggskede	17 000	18 000	47	49	0,5	0,6
Driftskede	17 000	18 000	47	49	0,5	0,6
Kvävemängder i ospolade massor samt i länshållningsvatten och lakvatten						
	Ospolade	Länsh.v.	Länsh.v./lakv.	Lakv.		
	massor	33%	50-50%	67%		
Period och förlust	ton N/år	ton N/år	ton N/år	ton N/år		
Byggskede, 5 %	2,2	0,7	1,1	1,5		
, 10 %	4,5	1,5	2,2	3,0		
, 15 %	6,7	2,2	3,3	4,5		
Driftskede, 5 %	1,2	0,4	0,6	0,8		
, 10 %	2,3	0,8	1,2	1,5		
, 15 %	3,5	1,1	1,7	2,3		
Åtgång sprängmedel/fast bergmassor			2,2 kg/m3	(Muntlig uppgift SKB)		
Kvävehalt i sprängmedel			0,27 viktprocent	(Muntlig uppgift SKB)		
Armedelhalter av kväve i länshållningsvatten och lakvatten						
	Länshållningsvatten		Lakvatten			
	mg N/l		mg N/l			
Period	Min	Max	Min	Max		
Byggskede	1,1	10	62	260		
Driftskede	0,3	2,8	32	140		
Min=Minmängd/maxflöde, Max=Maxmängd/minflöde						

Beräkning av dagvattenflöden, föroreningsmängder och halter

Beräkningsmetodik

Beräkning av årlig avrinning och årliga föroreningsmängder i dagvattnet från driftområdet har gjorts för dagens situation före exploatering och för en framtida situation efter exploatering där driftområdet definierats som industriområde och där inga LOD- eller reningsåtgärder vidtagits. Markanvändnings-specifika avrinningskoefficienter och empiriska schablonhalter från dagvattenberäkningsprogrammet StormTac, version 02-2007, har använts (se tabell B6-1). Som indata för beräkningarna har använts uppgift om uppskattad långtidsårsnederbörd /Johansson 2008/, samt driftområdets uppskattade areal.

Antaganden och förenklingar

För beräkning av flöden och föroreningsmängder för dagens situation har det blivande driftområdet klassificerats som skogsmark. Detta innebär en förenkling då området idag hyser FKA:s avloppsreningsverk och tillhörande körytor samt utfyllnader i norr, totalt motsvarande ca 1 ha. Obeaktade bidrag från dessa ytor kompenseras dock av den förhållandevis stora andelen sjöyta i form av tre kalkgölar som finns inom området. Sjöarna utgör sänkor för näringsämnen och föroreningar och minskar bidraget från den övriga marken.

Schablonhalterna från markanvändningsslaget ”industriområde” som används i beräkningarna bygger på mätningar från industriområden med en flora av verksamheter och olika grader av dagvattenpåverkan, där antalet fordon, transporter, materialupplag, materialslagshantering etcetera, kan skilja sig stort. För beräkningarna har antagits att föroreningshalterna från det blivande driftområdet motsvarar medianhalterna för undersökta industriområden i StormTac.

Tabell B4-1. Schablonhalter och avrinningskoefficienter för dagvatten. Värderna från StormTac, version mars 2009.

Markanvändning	Avr.koeff.	P	N	SS	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Hg	olja	PAH
		mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l
Industri	0,5	0,3	1,8	100	30	45	270	14	16	1,5	0,1	2,5	1
Skog	0,05	0,04	0,8	34	6	7	15	0,5	0,5	0,2	0,015		

Illustrationsplan vattenhantering

