

Vattenverksamhet i Laxemar-Simpevarp

Slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle – bortledande av grundvatten samt vattenverksamheter ovan mark

Kent Werner, EmpTec

Ulrika Hamrén, Per Collinder
Ekologigruppen AB

December 2010

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co

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



Vattenverksamhet i Laxemar-Simpevarp

Slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle – bortledande av grundvatten samt vattenverksamheter ovan mark

Kent Werner, EmpTec

Ulrika Hamrén, Per Collinder
Ekologigruppen AB

December 2010

Denna rapport har gjorts på uppdrag av SKB. Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna. SKB kan dra andra slutsatser, baserade på flera litteraturkällor och/eller expertsynpunkter.

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

Sammanfattning

Denna rapport behandlar vattenverksamhet (11 kapitlet i miljöbalken) under och ovan mark vid uppförande, drift och avveckling av en slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle i Laxemar i Oskarshamns kommun. SKB har valt Forsmark i Östhammars kommun som plats för slutförvaret och rapporten beskriver således ett icke-valt alternativ. Rapporten ger en övergripande beskrivning av hur vattenverksamheterna i Laxemar skulle genomföras, deras hydrogeologiska och hydrologiska effekter, samt de konsekvenser som skulle uppstå. Beskrivningen är ett underlag för jämförelser mellan de två platserna med avseende på vattenverksamhet.

Undermarksdelen av en slutförvarsanläggning i Laxemar skulle bestå av bland annat en nedfartsramp och ett förvarsområde på 500 meters djup. Uppförande, drift och avveckling skulle totalt omfatta en tidsperiod på 60–70 år. Under uppförande och drift skulle inläckande grundvatten ledas bort. Modellverket MIKE SHE har använts för att bedöma grundvattenbortledningens effekter på till exempel grundvattennivåer och vattenflöden i bäckar.

För ett hypotetiskt fall med en helt öppen slutförvarsanläggning skulle enligt MIKE SHE-beräkningarna det totala inläckaget av grundvatten bli i storleksordningen 55–90 liter per sekund, beroende på vattengenomsläppligheten i den injekterade zonen kring ramp, schakt och tunnlar. I verkligheten skulle inte hela förvaret vara öppet samtidigt och inläckaget skulle därmed bli mindre. Grundvattenbortledningen skulle sänka grundvattennivåerna i berget, vilket i sin tur skulle leda till en avsänkning av grundvattenytan i relativt stora områden ovan och kring förvaret. Enligt beräkningarna skulle det bli en obetydlig sänkning av vattennivån i Frisksjön, den största sjön i området. Vattenföringen i områdets viktigaste vattendrag (Laxemarån) skulle minska med mindre än tio procent.

Omfattande fältinventeringar har genomförts, bland annat vad gäller områdets ekologiska förhållanden, jord- och skogsbruk och enskilda brunnar. Totalt har 67 naturobjekt identifierats, avgränsats geografiskt och klassats med avseende på naturvärden. Dessa består av skogliga nyckelbiotoper (eller så kallade objekt med naturvärden), våtmarker, sjöar och bäckar. Objekten bedöms generellt ha låga naturvärden (kommunalt eller lokalt värde). Skogliga nyckelbiotoper bedöms ha högre naturvärden (regionalt värde), men naturvärdena för dessa objekt är i huvudsak inte kopplade till blöta eller fuktiga förhållanden. Det har heller inte påträffats några rödlistade eller skyddade arter som för sin fortlevnad är direkt beroende av grundvattenytans nivå. Det finns dock arter i området (exempelvis fladdermöss) som gynnas av ett mosaikartat landskap, inklusive fuktiga/blöta områden och småvatten.

Med ett undantag är bedömningen att grundvattenbortledningen skulle medföra inga, obetydliga eller små konsekvenser för de identifierade naturobjekten. Den främsta ekologiska konsekvensen av grundvattenbortledningen gäller Laxemarån, för vilken konsekvenserna av en minskad vattenföring skulle bli märkbara. Med avseende på jord- och skogsbruk är bedömningen att skördeavkastningen och skogens bonitet skulle minska med högst 10 % respektive 20 % inom påverkansområdet vid en avsänkning av grundvattenytan.

Grundvattenbortledningen skulle inte påverka den kommunala vattenförsörjningen. Det finns dock ett stort antal enskilda brunnar i Laxemarområdet, vilket innebär att grundvattenbortledningen skulle kunna ge konsekvenser för enskild vattenförsörjning i form av försämrade brunnskapacitet. Det skulle behövas närmare utredningar för enskilda byggnader och vägavsnitt för att bedöma risken för sättningar. Byggnader och annan infrastruktur som ägs av Oskarshamns Kraftgrupp AB (inklusive reaktorbyggnaderna O1–O3) och tillhörande vattenhantering skulle inte påverkas av grundvattenbortledningen.

Vattenverksamheter ovan mark skulle inkludera en bro över Laxemarån samt åtgärder intill driftområdet ovan mark, i Laxemarån och i ett dike (Oxhagsbäcken). Vid uppförandet av bron skulle åtgärder vidtas för att minska konsekvenserna av grumling för bland annat lekande fisk. Det skulle inte behövas något mellanstöd i ån, och bron skulle även i övrigt konstrueras så att den inte inverkar på åns flödesförhållanden eller utgör ett vandringshinder för människor och djur.

De övriga vattenverksamheterna ovan mark skulle utföras för att omhänderta länshållningsvatten från förvarets undermarksdel och lakvatten från ett bergupplag. Dessa vattenflöden skulle ledas till Laxemarån via en anlagd ”sjö” invid ån. Lakvattnet skulle även renas i ett översilningsområde med recirkulations- och utjämningsdamm (Laxemarkärren). Vattentillförsel till Laxemarån kan betraktas som en konsekvensbegränsande åtgärd, givet minskningen av vattenföringen i ån till följd av grundvattenbortledningen. Åtgärderna i Laxemarån skulle även inkludera anläggande (restaurering) av en våtmark. Våtmarken skulle medföra positiva ekologiska konsekvenser, eftersom varje tillskott av våtmarker är gynnsamt för bland annat grod- och kräldjur i det sedan tidigare hårt utdikade landskapet.

Summary

This report concerns water operations (Chapter 11 in the Environmental Code) below and above ground associated with construction, operation, and decommissioning of a repository for spent nuclear fuel in Laxemar in the municipality of Oskarshamn. SKB has chosen Forsmark in the municipality of Östhammar as site for the repository, and the report hence describes a non-chosen alternative. The report provides a comprehensive description of how the water operations would be executed, their hydrogeological and hydrological effects and the resulting consequences. The description is a background material for comparisons between the two sites in terms of water operations.

The underground part of a repository in Laxemar would, among other things, consist of an access ramp and a repository area at a depth of approximately 500 metres. The construction, operation, and decommissioning phases would in total comprise a time period of 60–70 years. Inflowing groundwater would be diverted during construction and operation. The modelling tool MIKE SHE has been used to assess the effects of the groundwater diversion, for instance in terms of groundwater levels and stream discharges.

According to MIKE SHE calculations for a hypothetical case with a fully open repository, the total groundwater inflow would be in the order of 55–90 litres per second depending on the permeability of the grouted zone around ramp, shafts and tunnels. In reality, the whole repository would not be open simultaneously, and the inflow would therefore be less. The groundwater diversion would cause groundwater-level drawdown in the rock, which in turn would lead to drawdown of the groundwater table in relatively large areas above and around the repository. According to model calculations, there would be an insignificant drawdown of the water level in Lake Frisksjön, the largest lake in the area. The discharge in the most important stream of the area (Laxemarån) would be reduced by less than ten percent.

Comprehensive field inventories have been performed in the area, for instance concerning ecological conditions, agriculture, forestry and private wells. In total, 67 nature objects have been identified, geographically delineated, and classified in terms of nature values. These consist of forest key habitats (or so called objects with nature values), wetlands, lakes and streams. In general, the objects are judged to have low nature values (municipal or local value). Forest key habitats are judged to have higher nature values (regional value), but the main nature values for these objects are not associated to wet or moist conditions. It has neither been found any red-listed or protected species whose survival depends on the level of the groundwater table. However, the area contains species (bats, for instance) that are favoured by a mosaic landscape, including moist/wet areas and ponds.

With one exception, it is judged that the groundwater diversion would lead to none, insignificant or small consequences for the identified nature objects. The principal ecological consequence of the groundwater diversion concerns the stream Laxemarån, for which the consequences of a discharge reduction would be noticeable. Concerning agriculture and forestry it is judged that within the influence area, groundwater-table drawdown would reduce the crop yield and the forest yield by up to 10% and 20%, respectively.

The groundwater diversion would not affect municipal water supply. However, the Laxemar area contains a large number of private wells, which implies that the groundwater diversion possibly would affect private water supply in terms of reduced well capacity. It would require more detailed investigations of separate buildings and road stretches in order to assess subsidence risks. Buildings and other infrastructure owned by Oskarshamns Kraftgrupp AB (including the reactor buildings O1–O3) and associated water handling would not be affected by the groundwater diversion.

Above-ground water operations would include a bridge across Laxemarån and measures in the vicinity of the surface facility (the industrial area) for the repository, in Laxemarån and in a ditch (Oxhagsbäcken). During construction of the bridge, measures would be taken to reduce the consequences of turbid water, for instance for spawning fish. No intermediate support in the stream would be required, and the bridge would be constructed not to influence the flow conditions of the stream and not to be a wandering obstacle for people and animals.

Other water operations above ground would be executed for handling of drainage water from the underground part of the repository and leachate from a rock dump. These waters would be diverted to Laxemarån via a constructed “lake” adjacent to the stream. The leachate would also be treated in a broad-irrigation area with a recirculation- and detention pond (Laxemarkärren). Supply of water to Laxemarån can be considered as a mitigation measure, considering the reduction of the discharge in the stream due to the groundwater diversion. Measures in Laxemarån would also include construction (restoration) of a wetland. The wetland would lead to positive ecological consequences, since each additional wetland is in favour for frogs and amphibians in a landscape affected by previous drainage activities.

Innehåll

1	Bakgrund, syfte och avgränsningar	7
2	Slutförvarsanläggningen i Laxemar och dess skeden	9
2.1	Beskrivning av slutförvarsanläggningen	9
2.2	Slutförvarsanläggningens skeden	10
2.3	Uppförande och injektering av slutförvarsanläggningens undermarksdelar	10
2.4	Vattenhantering	11
3	Nuvarande förhållanden i Laxemarområdet	13
3.1	Topografiska, meteorologiska och hydrologiska förhållanden	13
3.2	Hydrogeologiska förhållanden	15
3.2.1	Hydrogeologiska förhållanden i berget	15
3.2.2	Yttnära hydrogeologiska förhållanden	16
3.3	Fastigheter, byggnader och infrastruktur	20
3.4	Ekologiska förhållanden och områdesskydd	21
3.4.1	Sjöar, bäckar och våtmarker	21
3.4.2	Skogar	22
3.4.3	Rödlistade och skyddade arter	23
3.4.4	Utpekade värdefulla och skyddade områden	23
3.4.5	Identifierade och naturvärdesklassade naturobjekt	24
3.5	Jord- och skogsbruk	26
3.5.1	Jordbruk	26
3.5.2	Skogsbruk	28
3.6	Befintlig vattenhantering och vattenverksamhet	28
3.6.1	Dricksvattenförsörjning och enskilda brunnar	28
3.6.2	Befintliga vattenverksamheter	29
3.6.3	Markavvattningsföretag och källor	30
3.7	Förändringar av förhållandena i Laxemarområdet fram till år 2100	30
3.7.1	Förändringar avseende övriga verksamheter	30
3.7.2	Laxemarområdets naturliga utveckling	30
4	Bedömning av grundvattenbortledningens hydrogeologiska och hydrologiska effekter	33
4.1	Underlag och genomförda bedömningar	33
4.2	Inläckage av grundvatten till slutförvarsanläggningen	34
4.2.1	Prognostiserat inläckage till slutförvarsanläggningen	34
4.2.2	Inläckage under olika utbyggnadssteg	35
4.2.3	Erfarenheter från andra undermarksanläggningar i berg	36
4.3	Grundvattenbortledningens effekter på grundvattennivåer i berg och jord	36
4.3.1	Sänkning av grundvattnets tryckhöjder i berg	36
4.3.2	Avsänkning av grundvattenytan	36
4.3.3	Erfarenheter från andra undermarksanläggningar i berg	48
4.4	Effekter på grundvattnets salthalt	48
4.5	Vattenmättnad och återhämtning efter förslutning av slutförvaret	48
4.6	Grundvattenbortledningens hydrologiska effekter	48
4.6.1	Effekter på Frisksjöns vattennivå	48
4.6.2	Effekter på bäckarnas vattenföring	48
4.6.3	Effekter på områdets vattenbalans	49
4.7	Känslighetsanalyser	53
4.7.1	Inverkan av hydrogeologiska egenskaper och randvillkor	53
4.7.2	Inverkan av meteorologiska förhållanden	55
4.8	Effekter på mark- och vattenkemiska förhållanden	56

5	Beskrivning av grundvattenbortledningens konsekvenser	57
5.1	Konsekvenser för naturvärden	57
5.1.1	Metodik och underlag	59
5.1.2	Ekologiska konsekvenser på landskapsnivå	59
5.1.3	Konsekvenser för sjöar och bäckar	61
5.1.4	Konsekvenser för våtmarksobjekt	61
5.1.5	Konsekvenser för skogsobjekt	62
5.1.6	Konsekvenser för rödlistade och skyddade arter	62
5.1.7	Konsekvenser för utpekade värdefulla och skyddade områden	62
5.1.8	Sammanfattande bedömning	62
5.2	Konsekvenser för produktionsmark	63
5.2.1	Konsekvenser för skogsbruket i Laxemar	63
5.2.2	Konsekvenser för jordbruket i Laxemar	65
5.3	Konsekvenser för befintlig vattenhantering och vattenverksamhet	67
5.3.1	Vattenförsörjning och enskilda brunnar	67
5.3.2	Vattenverksamhet	68
5.3.3	Markavvattningsföretag och källor	68
5.4	Konsekvenser för byggnader och infrastruktur	69
6	Åtgärder	71
6.1	Förebyggande åtgärder	71
6.2	Begränsande åtgärder	71
6.2.1	Anläggande av våtmark i Laxemarån	71
6.2.2	Vattentillförsel till Laxemarån	71
6.2.3	Åtgärder för byggnader och infrastruktur	71
6.3	Kompensatoriska åtgärder	72
6.3.1	Naturobjekt	72
6.3.2	Produktionsmark	72
6.3.3	Enskilda brunnar	72
7	Vattenverksamheter ovan mark	73
7.1	Bro över Laxemarån	73
7.1.1	Beskrivning av vattenverksamheten och vattenområdet	73
7.1.2	Konsekvensbedömning	77
7.1.3	Åtgärder	78
7.2	Åtgärder intill driftområdet, i Laxemarån och i Oxhagsbäcken	78
7.2.1	Beskrivning av vattenverksamheten och vattenområdet	78
7.2.2	Beskrivning av berörda vattenområden	78
7.2.3	Konsekvensbedömning	79
7.2.4	Åtgärder	79
8	Sammanfattande konsekvensbeskrivning	81
8.1	Bortledande av grundvatten	81
8.2	Vattenverksamheter ovan mark	81
	Referenser	83
	Bilaga 1 Förteckning över naturobjekt	87

1 Bakgrund, syfte och avgränsningar

Denna rapport behandlar vattenverksamhet enligt 11 kapitlet i miljöbalken, i form av bortledning av grundvatten i samband med uppförande, drift och avveckling av en slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle i Laxemar i Oskarshamns kommun. I rapporten beskrivs även åtgärder ovan mark som utgör vattenverksamhet. Rapporten är således avgränsad till frågan om vattenverksamhet och tar därför inte upp frågor som till exempel joniserande strålning eller långsiktig säkerhet. I juni 2009 valde SKB Forsmark i Östhammars kommun som plats för slutförvaret och rapporten beskriver ett alternativ till den valda platsen. Rapporten är en referens i den miljökonsekvensbeskrivning (MKB) som redovisas i samband med tillståndsansökan enligt miljöbalken och kärntekniklagen.

Rapportens övergripande syfte är att beskriva hur vattenverksamheterna skulle genomföras, deras hydrogeologiska och hydrologiska effekter, samt de konsekvenser som skulle uppstå. Det ska understrykas att beskrivningen till stora delar baseras på planer och förslag motsvarande planeringsläget vid den tidpunkt då SKB beslutade att förlägga slutförvarsanläggningen till Forsmark. Detta innebär att vissa aspekter som tas upp i rapporten inte är utredda i detalj. Bedömningen är dock att underlaget är tillräckligt för att kunna jämföra de viktigaste aspekterna av den valda och den alternativa platsen.

Med effekt avses i denna rapport verksamhetens följder för hydrogeologiska och hydrologiska förhållanden. Begreppet inbegriper (sekundära) effekter på fysikaliska (mekaniska), kemiska och biologiska förhållanden i mark och vatten. Med konsekvens menas något som förändras till följd av vattenverksamhetens effekter, till exempel ekologiska förhållanden i våtmarker och skogar. Rapporten beskriver vidare åtgärder för att förebygga effekter och begränsande åtgärder som är inriktade på konsekvenser. Motsvarande rapport för den valda lokaliseringen i Forsmark /Werner et al. 2010/ innehåller generella beskrivningar av hydrogeologiska och hydrologiska effekter samt konsekvenser vid bortledning av grundvatten från en undermarksanläggning av aktuell typ och storlek. Rapporten innehåller även beskrivningar och definitioner av begrepp, processer och metoder. SKB:s planerade vattenverksamhet i samband med uppförande av en inkapslingsanläggning och drift av anläggningen Clink på Simpevarpshalvön beskrivs i /Werner 2010/.

Områdesbenämningarna Laxemar-Simpevarp, Laxemar respektive Simpevarp kan behöva förtydligas. Det regionala modellområde som SKB definierade för platsundersökningen 2002–2007 benämns Laxemar-Simpevarpsområdet. Platsundersökningen fokuserades inledningsvis till delområde Simpevarp, vilket inkluderar Simpevarpshalvön, Hålö och ön Ävrö. I ett senare skede fokuserades platsundersökningen till delområde Laxemar, på fastlandet. I samband med slutförandet av platsbeskrivningen definierades det lokala modellområdet Laxemar, vilket i stort sett har samma geografiska utsträckning som delområde Laxemar. Generellt berör alltså den information och de data som nämns i rapporten Laxemar-Simpevarpsområdet. Givet att fokus här är på det lokala modellområdet Laxemar och att slutförvarsanläggningen skulle lokaliseras till detta delområde om platsvalet hade fallit på Oskarshamn, används Laxemar som områdesbenämning i denna rapport.

I rapporten används koordinatsystemet RT 90 2,5 gon V/0:15 i plan och RHB 70 i höjd.

2 Slutförvarsanläggningen i Laxemar och dess skeden

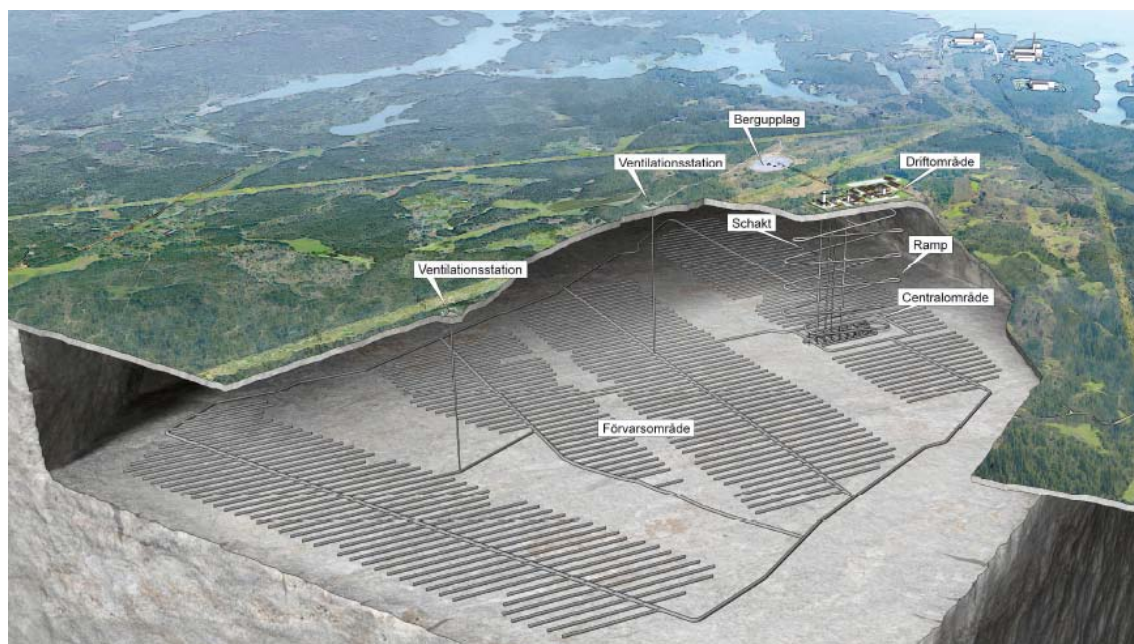
2.1 Beskrivning av slutförvarsanläggningen

Detta avsnitt ger en kortfattad beskrivning av en slutförvarsanläggning i Laxemar, med fokus på de anläggningsdelar och åtgärder som berör bortledning av grundvatten. De åtgärder ovan mark som utgör vattenverksamhet behandlas i kapitel 7. Figur 2-1 visar en översiktsbild av slutförvarsanläggningen. "Slutförvarsanläggning" är en anläggning för deponering av kapslar med använt kärnbränsle i berget, medan "slutförvar" avser den avvecklade och förslutna slutförvarsanläggningen. I denna rapport förekommer även förkortningen "förvaret", eftersom det är uppenbart vad som avses. Förvarsnivå är den nivå i berget (cirka 500 meter under havet) där förvarsområdet är beläget. Totalt skulle således förvaret täcka ett djupintervall för dränage på ungefär 500 meter, från markytan ned till förvarsnivå.

Anläggningsbeskrivningen är från den tidpunkt då SKB beslutade att förlägga slutförvarsanläggningen till Forsmark. En slutförvarsanläggning i Laxemar skulle bestå av en ovanmarksdel och en undermarksdel. Ovanmarksdelen (figur 2-2) består av ett inre driftområde för den kärntechniska delen av verksamheten och ett yttre driftområde för övrig verksamhet. Ovanmarksdelen omfattar även ett bergupplag och två ventilationsstationer (figur 2-1). Från driftområdet skulle tillträde till slutförvarsanläggningens undermarksdel ske via schakt och en ramp.

Slutförvarsanläggningens undermarksdel består av en fem kilometer lång spiralformad ramp, ett centralområde, ett förvarsområde samt schakt och olika typer av tunnlar /Leander et al. 2009, SKB 2009b/. Den förvarsutformning som visas i figur 2-3 inkluderar en reserv på 20 % för potentiellt bortfall av kapselpositioner.

De totalt sex schakten har vardera en längd på ungefär 500 m och en sammanlagd teoretisk volym på cirka 42 000 m³ (preliminära måttuppgifter). Schakten mellan driftområdet ovan mark och centralområdet på förvarsnivå omfattar ett skipschakt för transport av bland annat utsprängda bergmassor, ett till- och ett frånluftschakt och ett hisschakt. Det skulle även finnas två yttre ventilationsschakt (ventilationsstationerna i figur 2-1). Inom centralområdet finns det åtta bergrum med en total teoretisk volym på cirka 65 000 m³. I centralområdet finns det även olika typer av tunnlar, till exempel transport-, gång- och servicetunnlar.



Figur 2-1. Översikt över en slutförvarsanläggning i Laxemar.

Förvarsområdet omfattar totalt en yta på 5–6 km² (kvadratkilometer). Stamtunnlarna inom förvarsområdet har en total längd på cirka åtta kilometer. Transporttunnlar med en total längd på cirka sju kilometer förbinder centralområdet med deponeringsområdena och de förbinder även deponeringsområdena med varandra. Från deponeringstunnlarna, med en total längd på cirka 80 km, skulle totalt ungefär 6 000 deponeringshål borraras för deponering av kapslar.

Sammanfattningsvis omfattar slutförvarsanläggningen en total tunnellängd på ungefär 100 km, innefattande rampen och tunnlar inom central- och förvarsområdena. Den totala uttagna bergvolymen (teoretiskt) omfattar 2 600 000 m³, vilket inkluderar schakten och bergrummen inom centralområdet men inte deponeringshålen.

2.2 Slutförvarsanläggningens skeden

Slutförvarsanläggningens övergripande skeden uppförande, drift och avveckling skulle omfatta en sammanlagd tidsperiod på 60–70 år, varav uppförandeskedet skulle ta cirka sju år och driftskedet skulle omfatta en period på 45–50 år. Efter avslutad deponering skulle slutförvarsanläggningen avvecklas och förslutas med en återfyllnad med svällande lera av typ bentonit, bergkross eller med en kombination av dessa. Avvecklingsskedet skulle omfatta en tidsperiod på 10–15 år.

Under hela driftskedet skulle rampen, centralområdet, schakten samt stam- och transporttunnlar (i den takt de byggs ut) vara öppna. Själva förvarsområdet består av ett antal deponeringsområden som skulle byggas ut successivt. Inom varje deponeringsområde skulle förundersökningar, borrhning/sprängning och injektering samt deponering i och återfyllnad av deponeringstunnlar ske successivt och parallellt inom olika delar av deponeringsområdet. Detta innebär att alla deponeringstunnlar inom ett visst deponeringsområde inte skulle vara öppna samtidigt. Beskrivningen av grundvattenbortledningens effekter och konsekvenser (kapitel 4 och 5) utgår dock från ett hypotetiskt, värsta fall som innebär att hela förvaret är öppet samtidigt.

2.3 Uppförande och injektering av slutförvarsanläggningens undermarksdelar

Med undantag för schakt och deponeringshål skulle förvarets undermarksdel skapas genom borrhning och sprängning (schakt och deponeringshål skulle borraras). Injektering (tätning) av tunnlar och andra utrymmen under mark är en förebyggande åtgärd som syftar till att minska inläckaget av grundvatten. /Werner et al. 2010/ beskriver principer och begrepp vid tätning av tunnlar och bergrum. Den injekterade zonens tjocklek och vattengenomsläpplighet (dess hydrauliska konduktivitet, betecknad K_{inj}) beror på ett antal faktorer som kan variera lokalt. I kapitel 4 beaktas olika fall avseende K_{inj} , vilket innebär att dess betydelse kvantifieras i form av osäkerhetsintervall för exempelvis inläckaget av grundvatten och grundvattenytans avsänkning.

Vid en slutförvarsanläggning i Laxemar skulle i huvudsak cementbaserade injekteringsmedel användas /Brantberger och Jansson 2009/. Vad gäller maximalt tillåtet inläckage av grundvatten har SKB definierat krav som är kopplade till bland annat stabilitet i återfyllnadsmaterial och buffert /SKB 2007/. För att uppnå dessa krav skulle icke cementbaserade injekteringsmedel av typ silica sol finnas tillgängliga för kompletterande injektering.

Vid uppförandet av rampen skulle systematisk förinjektering behövas ned till 150 m djup /Brantberger och Jansson 2009/. På större djup skulle förinjektering främst behövas vid passage av deformationszoner. Skipschaktet skulle göras som ett sänkschakt och injekteras i takt med schaktdrivningen. Så kallad ridåinjektering skulle göras kring de övriga schakten, som skulle skapas genom stigortsborrning. På förvarsnivå skulle injektering av tunnlar och andra undermarksutrymmen huvudsakligen göras genom selektiv förinjektering. Systematisk förinjektering skulle sannolikt behövas i vissa delar, bland annat vid passage av deformationszoner.

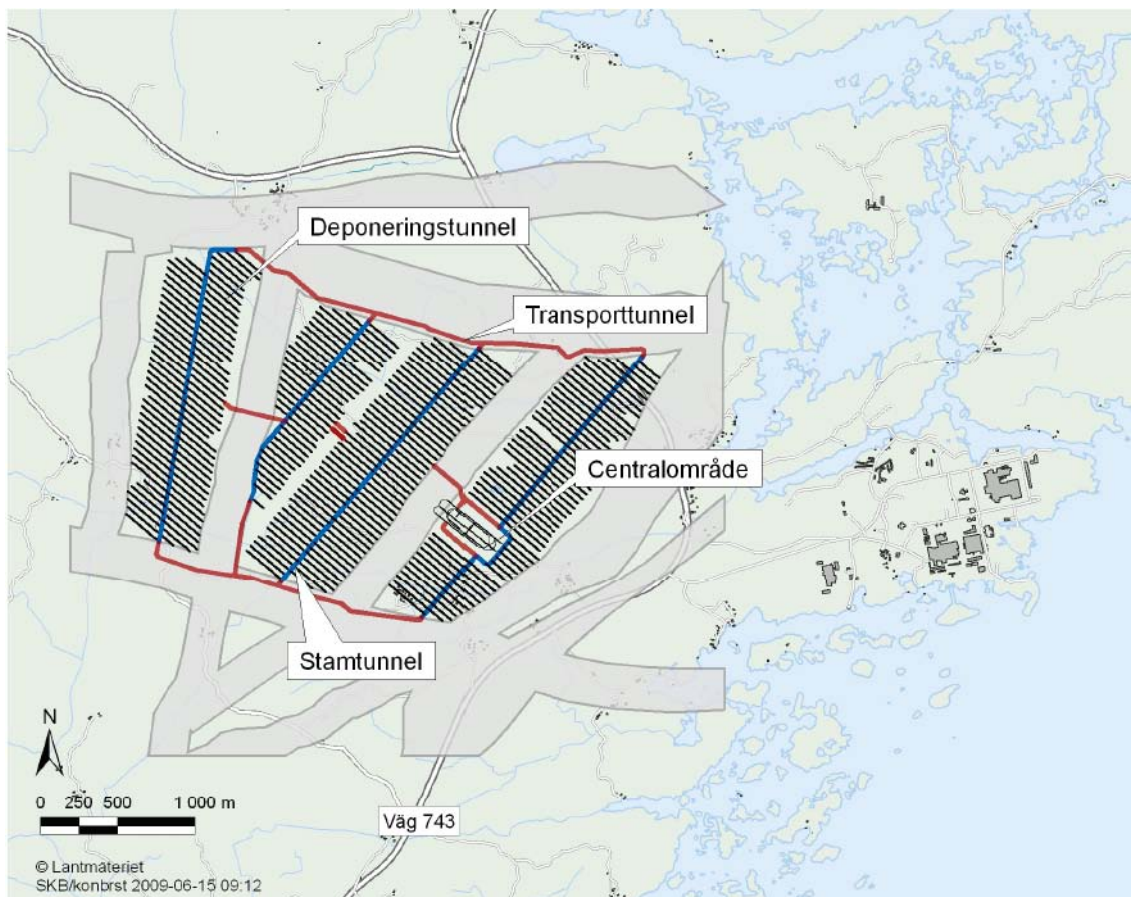
Som en tumregel brukar man kunna förutsätta att en väl genomförd injektering med cementbruk reducerar vattengenomsläppligheten i det närmast omgivande berget med en faktor 100. Vad gäller en slutförvarsanläggning i Laxemar är bedömningen att $K_{inj} = 10^{-9}$ meter per sekund (m/s) skulle kunna uppnås utanför deformationszoner och $K_{inj} = 10^{-8}$ m/s vid passage av sådana zoner, om enbart cementbruk skulle användas. $K_{inj} = 10^{-10}$ m/s kan vara möjligt att uppnå om cementbruk kombineras med injekteringsmedel av typ silica sol /Brantberger och Jansson 2009/.

2.4 Vattenhantering

Allt vatten som samlas upp på förvarsnivå (inläckande grundvatten och bruksvatten) skulle ledas via pumpgroppar till två dränagebassänger i ett av bergrummen i centralområdet. Vattnet skulle därefter pumpas till marknivå via ledningar och pumpgroppar vid hisschaktets mellanplan i nivåintervall om 100 m. Vatten från rampen skulle pumpas upp till marknivå via samma pumpgroppar. Länshållningsvattnet skulle samlas i en utjämningsbassäng under ventilationsbyggnaden (se figur 2-2) och ledas via ett dike (Oxhagsbäcken) till en anlagd sjö invid Laxemarån /SKBdoc 1261197/. Dagvatten från driftområdet skulle omhändertas lokalt /Ridderstolpe och Stråe 2007/. Efter sedimentation och över-silning skulle lakvattnet från bergupplaget ledas via Oxhagsbäcken till sjön invid Laxemarån. Spillvatten skulle sannolikt renas i OKG:s (Oskarshamns Kraftgrupp AB) reningsverk. De delar av vattenhanteringssystemet som utgör vattenverksamhet beskrivs närmare i avsnitt 7.2.



Figur 2-2. Översiktsskarta av slutförvarsanläggningens ovanmarksdel, med inre och yttre driftområde, bergupplag samt informationsbyggnad.



Figur 2-3. Översiktsbild över slutförvarsanläggningens undermarksdel. De skuggade områdena representerar så kallade respektavstånd till deformationszoner (deformerade strukturer i berget).

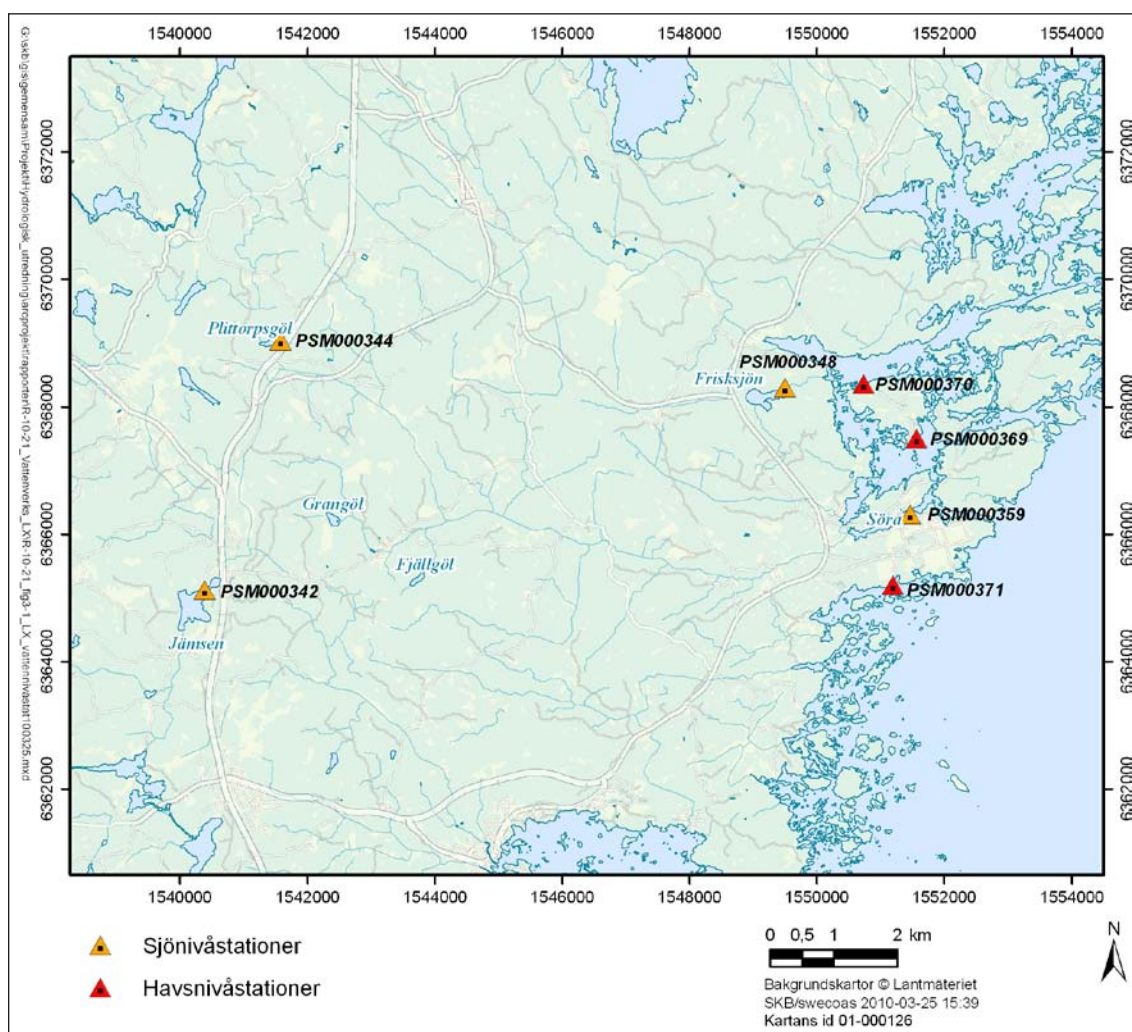
3 Nuvarande förhållanden i Laxemarområdet

I detta kapitel ges en kortfattad översikt över Laxemarområdet. Beskrivningen är fokuserad på aspekter som är relevanta för bedömningarna av grundvattenbortledningens effekter och konsekvenser i kapitel 4 och 5. För närmare beskrivningar av Laxemarområdet och de aspekter som tas upp i detta kapitel, se /Rhén och Hartley 2009, SKB 2009a, Söderbäck och Lindborg 2009, Werner 2009, Werner et al. 2008/.

3.1 Topografiska, meteorologiska och hydrologiska förhållanden

Laxemarområdet karaktäriseras av relativt distinkta dalgångar som omges av högre belägna områden med berg i dagen eller ytnära berg. De sydvästra och centrala delarna av det regionala modellområdet består av kuperad moränterräng och har därmed en mer småskalig topografi. I stort sett hela området är beläget lägre än 50 m ö h (meter över havet) och hela området är beläget under högsta kustlinjen.

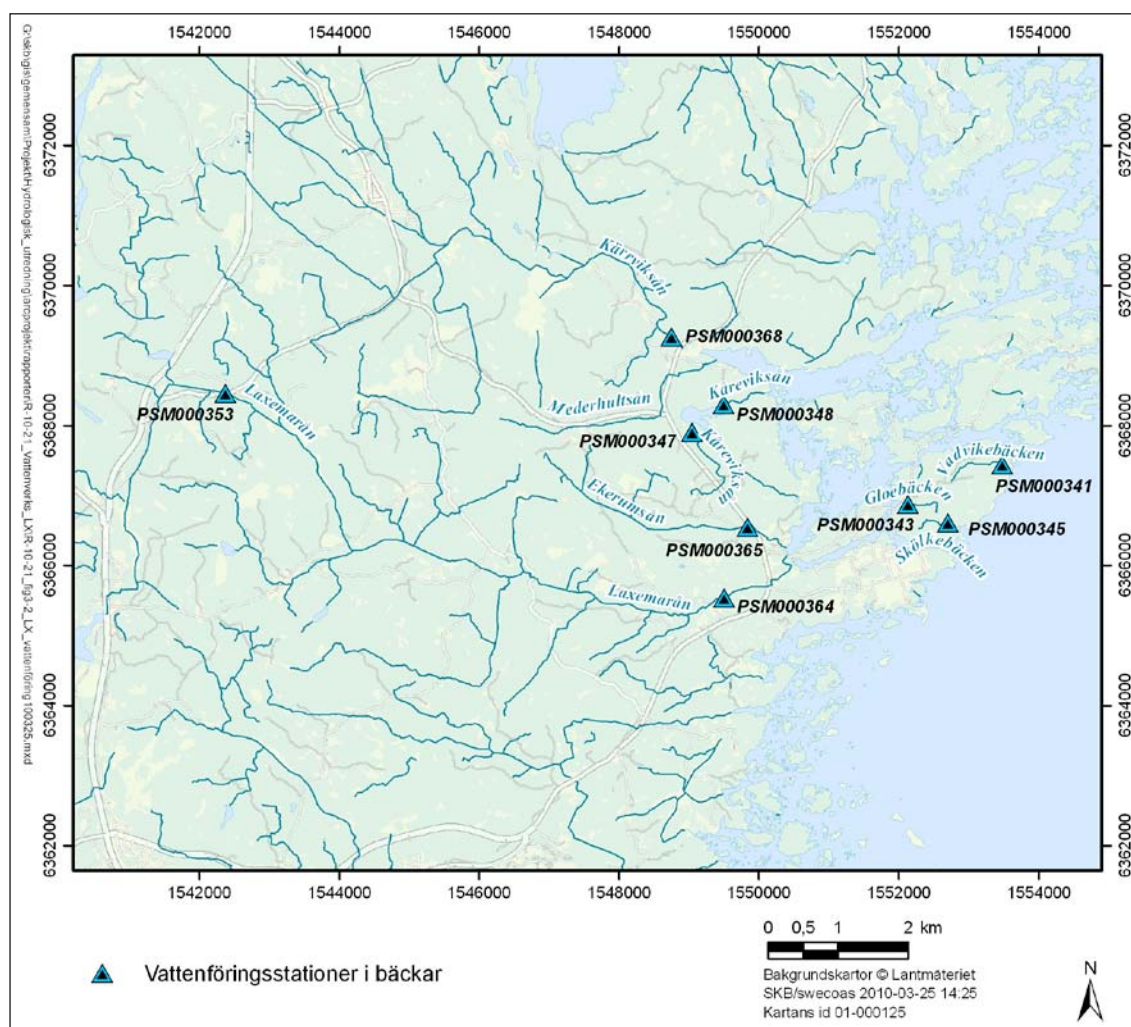
Som ett medelvärde för hela området kan årsnederbörden för den så kallade referensnormalperioden 1961–1990 skattas till cirka 600 mm (millimeter) och den årliga avrinningen 165 mm /Werner 2009/. Nederbörden är högre nära kusten jämfört med områden längre inåt land. De största sjöarna i det regionala modellområdet (figur 3-1) är Jämsen (0,24 km²), Frisksjön (0,13 km²), Sörå (0,10 km²),



Figur 3-1. Översiktskarta som visar lägena för de största sjöarna i Laxemarområdet. Kartan visar även lägena för de sju ytvattennivåstationerna som var i drift under platsundersökningen.

Plittorpsgöl (0,03 km²), Fjällgöl (0,03 km²) och Grangöl (inga data). Sjöarna är relativt grunda med medeldjup och största djup på 1–4 m respektive 2–11 m. Samtliga sjöar är belägna ovanför havsnivån, vilket innebär att det inte sker någon inträngning av havsvatten till sjöarna. Figur 3-1 visar lägena för de sju ytvattennivåstationer (fyra i sjöar och tre i havsvikar) som var i drift under SKB:s platsundersökning i Laxemar.

Våtmarker täcker totalt ungefär 3 % av landområdena. Med undantag för Laxemarån är de flesta bäckarna i området små (figur 3-2). Den omfattande markavvattningen i området (se även avsnitt 3.6.3) innebär att flertalet bäckar är anlagda, uträtade och/eller fördjupade. Bäckarnas vattenföring har stor säsongsvariation. Av de bäckar där vattenföringen mätts under platsundersökningen (figur 3-2) är det vattenföring året om i Laxemarån, i Kåreviksån nedströms Friskjön och i Kärrviksån. Ekerumsån är torr under torra somrar, medan de övriga bäckarna där vattenföringen mätts är torra under ungefär halva året.



Figur 3-2. Översiktskarta som visar lägena för de största bäckarna i Laxemarområdet. Kartan visar även lägena för de nio vattenföringsstationer som var i drift under platsundersökningen.

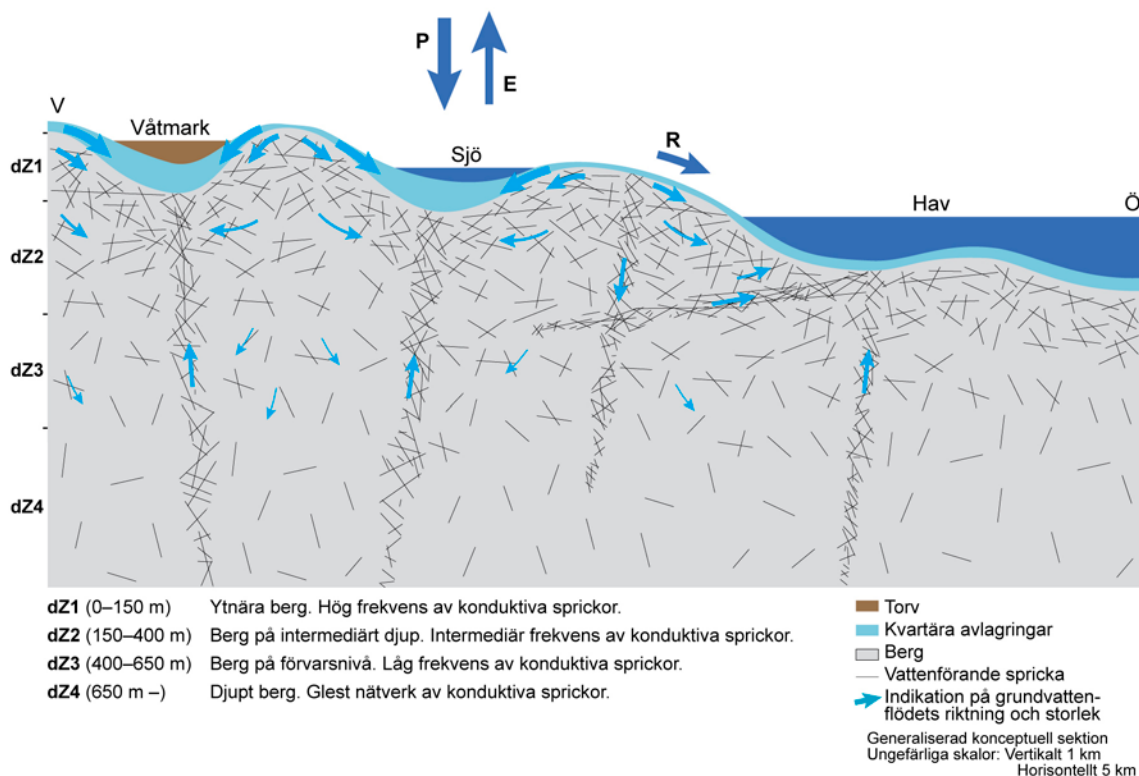
3.2 Hydrogeologiska förhållanden

3.2.1 Hydrogeologiska förhållanden i berget

Omfattande hydrogeologiska undersökningar har utförts inom ramen för SKB:s platsundersökning i Laxemar under perioden 2002–2007 /Rhén och Hartley 2009, Werner 2009/. Dessa undersökningar inkluderar bland annat undersökningar i hammar- och kärnborrhål i berget och grundvattenrör i jordlagren. I detta sammanhang är bergets vattengenomsläpplighet en nyckelfaktor för inläckaget av grundvatten till slutförvarsanläggningen och grundvattenbortledningens effekter i förvarets omgivningar. Bedömningen av bergets hydrauliska egenskaper baseras på en kombination av direkta fältundersökningar och numerisk modellering.

Berget i det regionala modellområdet Laxemar-Simpevarp domineras av en bergart som kallas Ävrögranit. Stora delar av det lokala modellområdet Laxemar innehåller även bergarterna kvartarmonzodiorit och Ävrökvartarmonzodiorit, med inslag av diorit och gabbro. Tvärsektionen i figur 3-3 ger en översikt över den konceptuella hydrogeologiska modellen för berget i Laxemar, inklusive en grov beskrivning av bergets egenskaper på olika djup (0–150 m, 150–400 m, 400–650 m och under 650 m). Som framgår av figuren minskar bergets vattengenomsläpplighet generellt med djupet (främst i de övre 100–200 m), både i deformationszonerna och i det mellanliggande berget. De flesta deformationszonerna är brantstående och har i storleksordningen tio gånger högre vattengenomsläpplighet jämfört med berget utanför zonerna. Som antyds i figuren är deformationszonerna i regel bredare nära bergets överyta. Många deformationszoner sammanfaller med och utgår i dalgångarna.

Bergets övre 100–150 m är sannolikt påverkade av glaciala processer. Speciellt den översta delen av berget (ner till 5–10 m djup) är mer uppsprucken och har en högre vattengenomsläpplighet jämfört med berg på större djup. Direkta observationer av det ytnära berget i schakt tvärs dalgångar visar på ett ställvis vittrat och sprickigt berg nära bergöverytan. Man kan därför dra slutsatsen att en stor andel av grundvattenflödet mot utströmningsområdena i dalgångarna sker i jordlagren och i de övre delarna (säg, i de övre 10 m) av berget. Grundvattenflödena i de djupare delarna av berget sker främst i ett system med sammanhängande deformationszoner. Grundvattenutströmningen från detta system sker i områden där systemet hänger samman med zoner som utgår i dalgångarna.

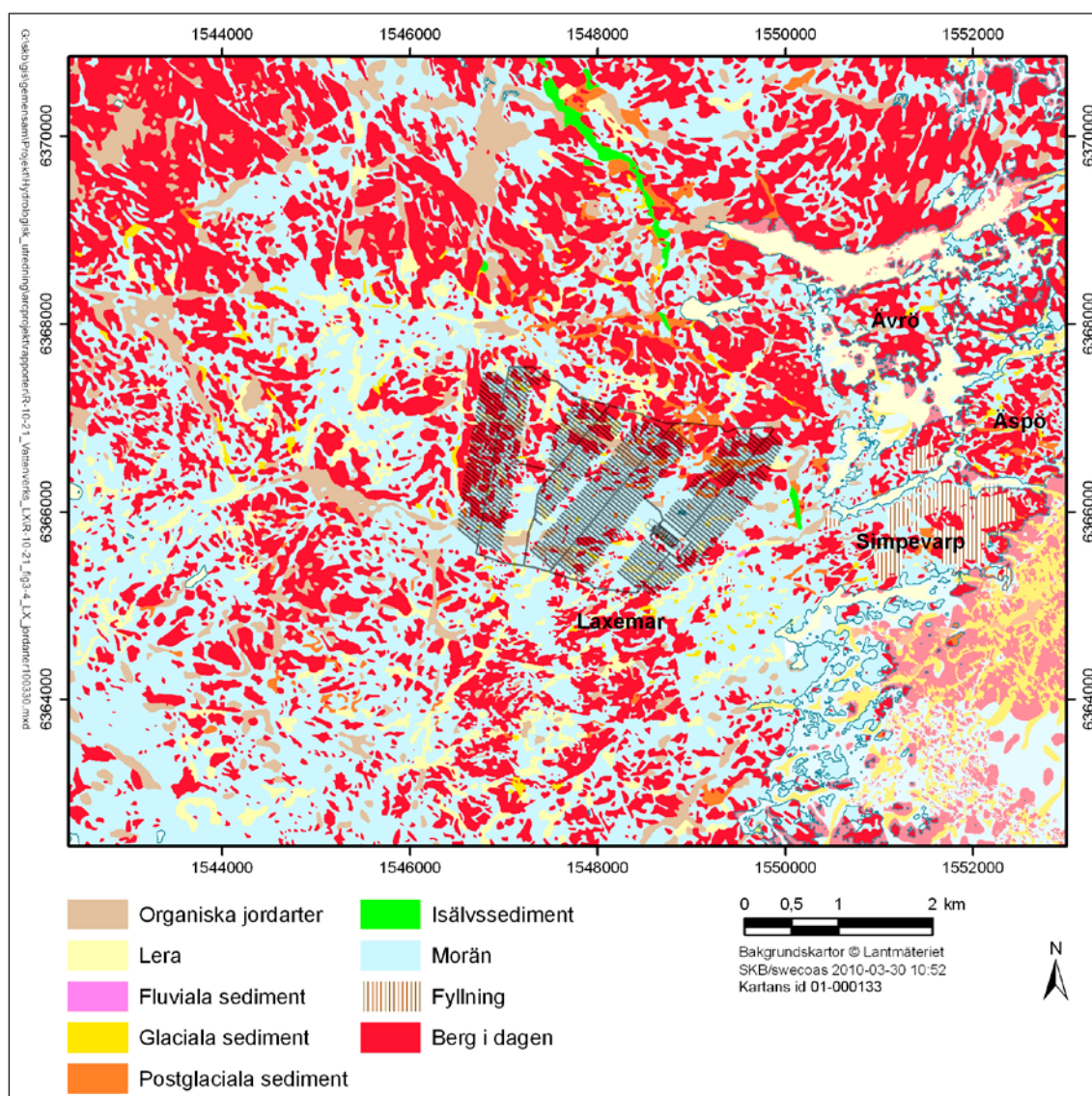


Figur 3-3. Tvärsektion som illustrerar den konceptuella modellen för de hydrologiska och hydrogeologiska förhållandena i Laxemar, inklusive beskrivning av berg i olika djupintervall. De horisontella och vertikala skalorna är olika och jordlagrens mäktighet är överdriven. P är nederbörd, E är evapotranspiration och R är avrinning.

3.2.2 Ytnära hydrogeologiska förhållanden

Som nämnts tidigare karaktäriseras Laxemarområdet av relativt distinkta dalgångar som omges av högre belägna områden, och i delar av området förekommer även kuperad moränterräng. Sandig-grusig morän är den dominerande jordarten /Sohlenius och Hedenström 2008/, se figur 3-4. Morän överlagrar berget i stort sett i hela det regionala modellområdet, även i många av de högre belägna områdena med ytnära berg. Jordlagermaktigheten är betydligt större i dalgångarna. Moränen har en relativt hög vattengenomsläpplighet (cirka 10^{-5} m/s). Hydrauliska tester indikerar vidare att moränen kan vara anisotrop, med en vattengenomsläpplighet i horisontell riktning som är 15–30 gånger högre än den vertikala vattengenomsläppligheten.

Baserat på den konceptuella beskrivningen av de kvartärgeologiska förhållandena i Laxemar /Sohlenius och Hedenström 2008/ presenterade /Werner 2009/ en konceptuell beskrivning av de ytnära hydrogeologiska förhållandena med fyra huvudsakliga typområden; högre belägna områden, stora respektive små dalgångar (två undertyper), glaciofluviala avlagringar samt kuperad moränterräng. De högre belägna områdena med berg i dagen eller ytnära berg omfattar 35–40 % av det regionala modellområdet. I dessa områden förekommer våtmarker i form av små mossar eller kärr i lokala sänkor (hällkar). I övrigt förekommer ett tunt lager med morän och/eller lav och mossa. De högre belägna

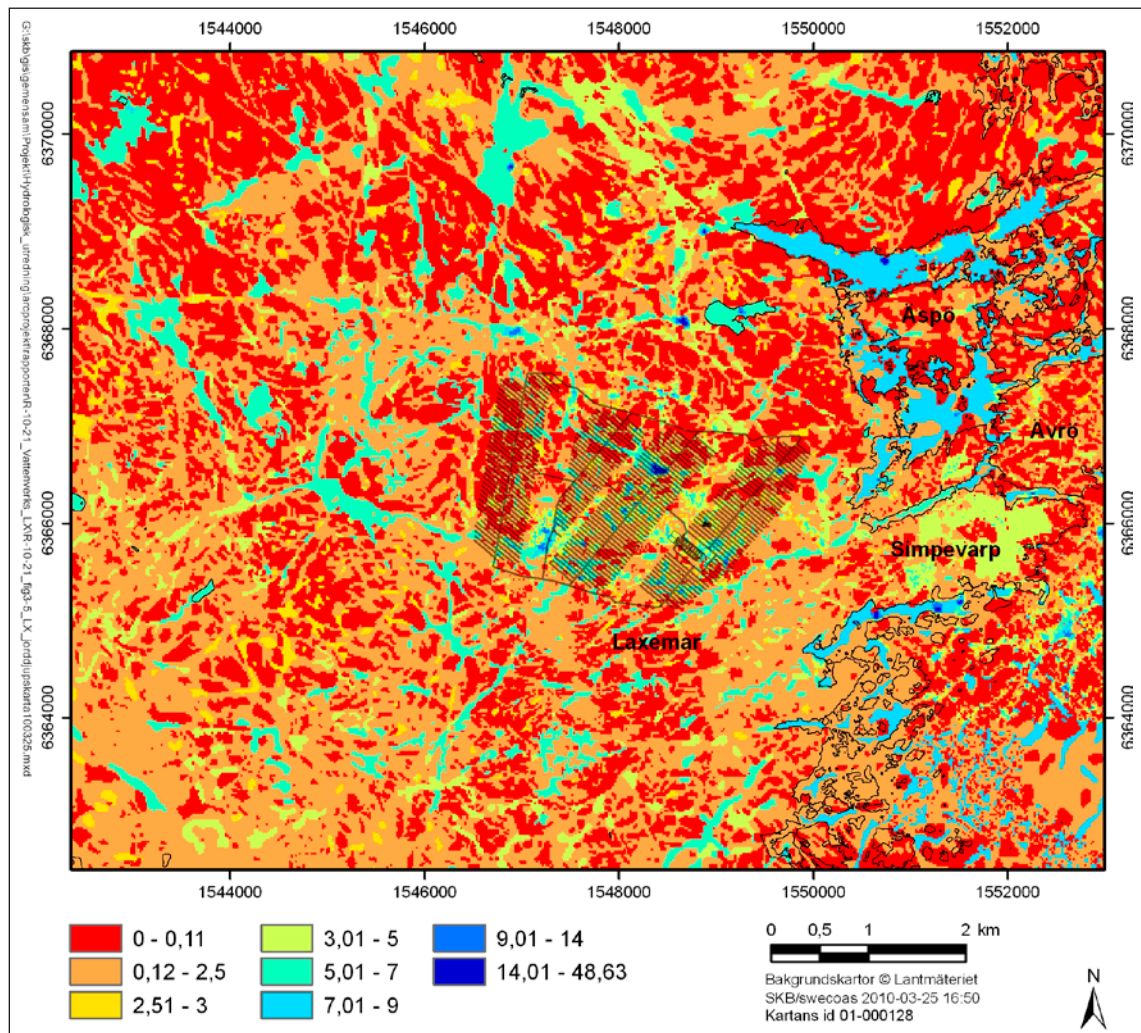


Figur 3-4. Karta över jordarter i områdena närmast kring en slutförvarsanläggning i Laxemar. För att få viss orientering i bilden visas även utformningen på slutförvarsanläggningens undermarksdel. Oskarshamns kärnkraftverk är beläget där det står Simpevarp på kartan.

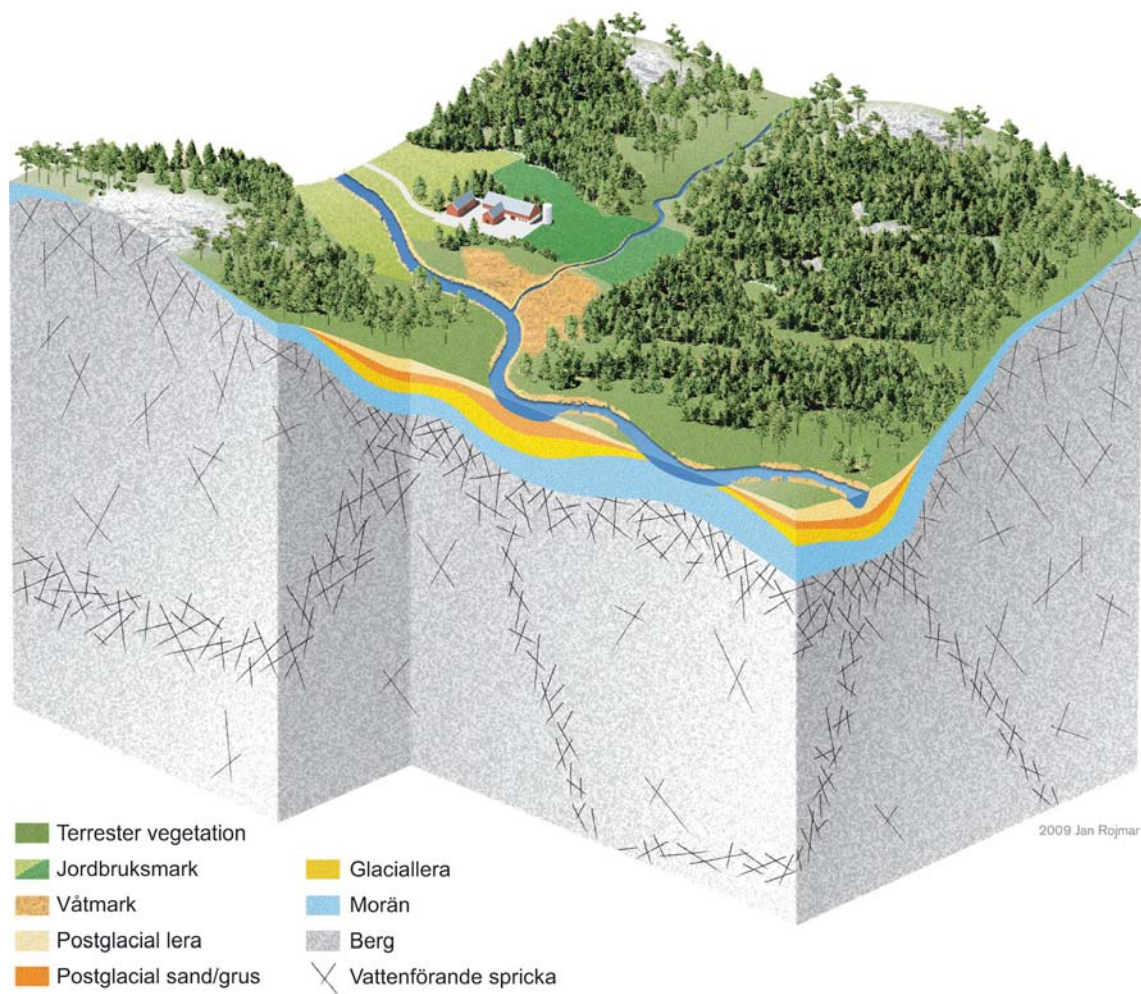
områdena är inströmningsområden för grundvatten, men det sker också en betydande lokal ytavrinning. Resultat från flödesmodellering indikerar att cirka 10 % av den årliga nederbörden bildar grundvatten i berg i områden med berg i dagen eller ytnära berg /Bosson et al. 2009/.

Som framgår i figur 3-5 har de stora dalgångarna ett betydligt större jorddjup än högre belägna områden, med jorddjup på 5–10 m och lokalt mer än 30 m. I dalgångarna finns även områdets större ytvattenförekomster. De främsta skillnaderna mellan stora och små dalgångar är att de senare är smalare, har något tunnare jordlager och mindre (eller inga) bäckar. De tre största dalgångarna är de som innehåller Laxemarån, Mederhultsån respektive Ekerumsån. Dalgångar både på land och under havet innehåller postglaciala avlagringar. Den typiska jordlagerföljden i dalgångarna är från markytan och nedåt torv, leryttja, postglacial sand/grus och glaciallera på morän. Dalgångarna är utströmningsområden för grundvatten.

Det finns indikationer på att moränen som överlagrar berget i de djupaste delarna av de stora dalgångarna har en högre vattengenomsläpplighet (i storleksordningen tio gånger) än moränen i andra delar av området /Werner et al. 2008/. Som nämnts tidigare visar undersökningar att det förekommer rösberg, med en ställvis diffus övergång mellan berg och jord, och många deformationszoner i berget utgår i dalgångar (figur 3-6). Det förekommer glaciallera med låg vattengenomsläpplighet mellan moränen och ovanförliggande postglaciala avlagringar.



Figur 3-5. Karta över jorddjup enligt en modell som beskriver jordlagrens stratigrafi (jordlagerföljden) och mäktighet i Laxemar.



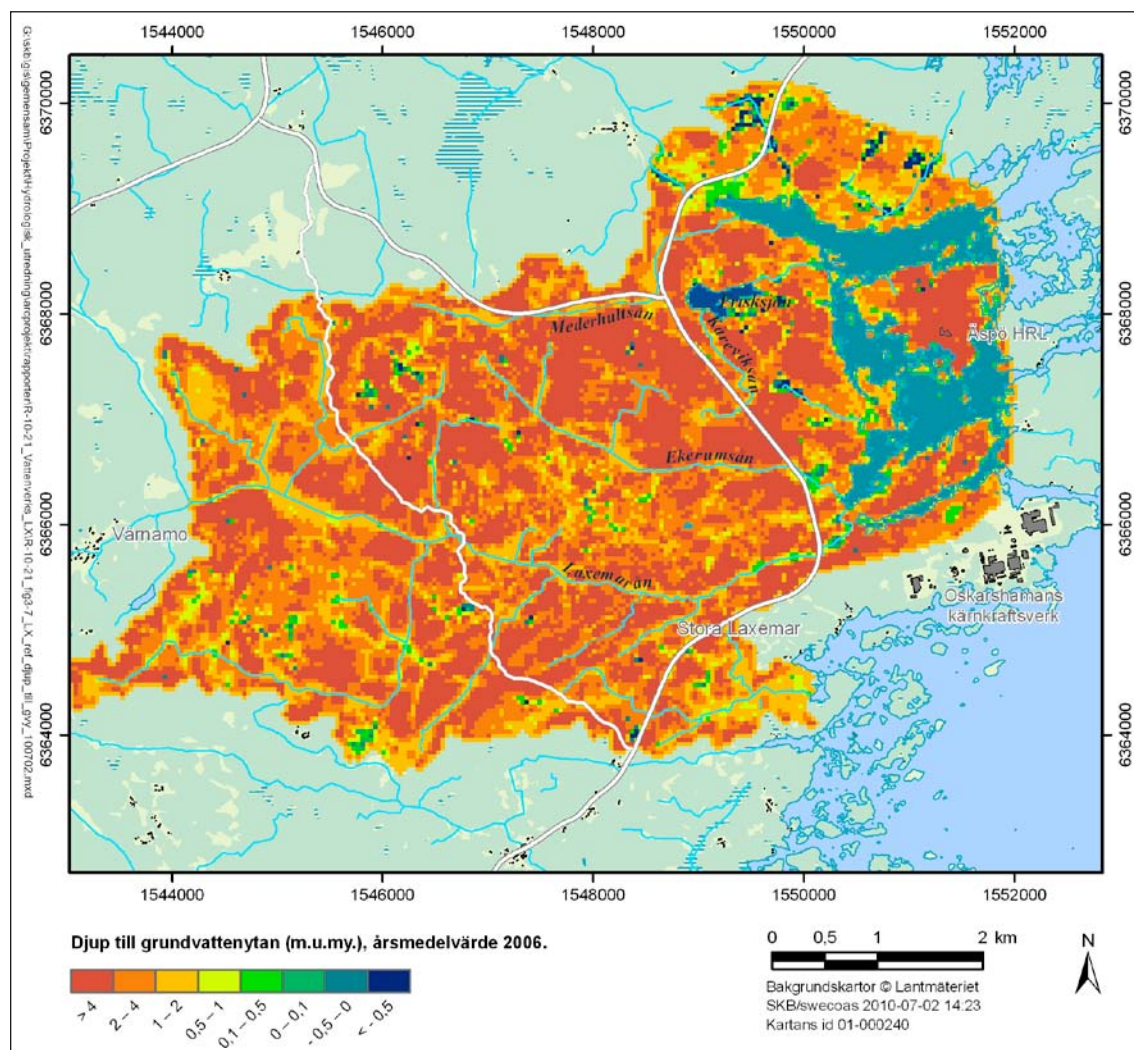
Figur 3-6. Konceptuell illustration i "semi-3D" av en stor dalgång i Laxemarområdet. Illustrationen visar inverkan av geometrin och de hydrogeologiska egenskaperna hos jordlagren på grundvattenutströmningen, inklusive samverkan mellan ytnära grundvatten och ytvatten.

Sjöar och våtmarker i lågområden underlagras huvudsakligen av glaciala och postglaciala sediment. Enligt figur 3-6 passerar bäckarna ställvis genom områden utan sådana sediment, som även saknas i vissa strandavsnitt kring sjöarna. Mätningar av grundvattennivån i jordlagren nära/under ett par av sjöarna (Jämsen och Frisksjön) indikerar att vattenutbytet mellan sjöarna och grundvattnet i de underliggande jordlagren främst sker i strandnära områden. Denna slutsats stöds även av resultat från flödesmodellering /Bosson et al. 2009/. De lokala förutsättningarna för utbyte mellan ytvatten och grundvatten påverkas även av de omfattande kulturtekniska åtgärderna (markavvattning och liknande), som bland annat innebär att bäckvattnet längs vissa delar av dalgångarna rinner i markförlagda rörledning.

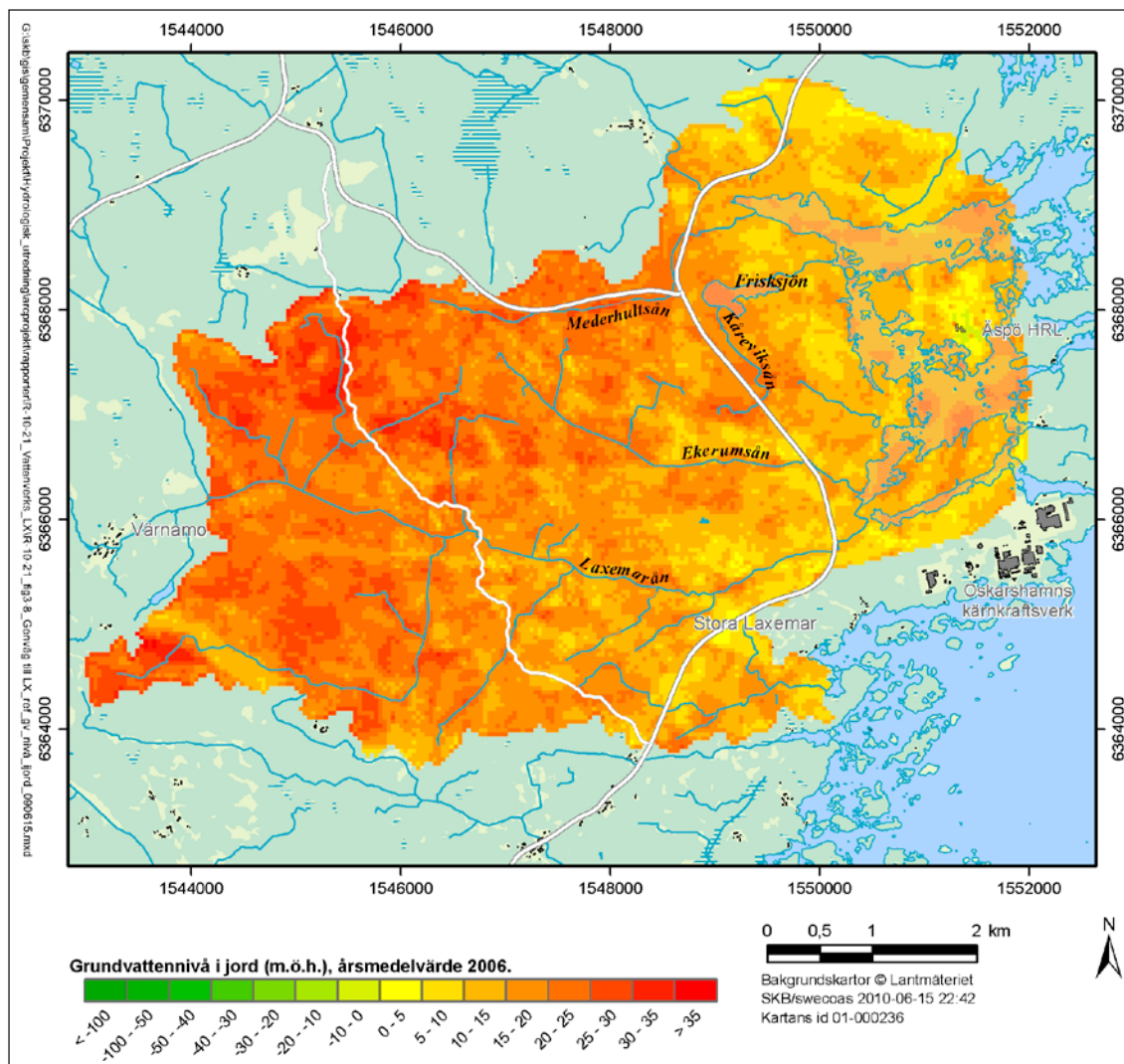
I dalgångarna kan det åtminstone lokalt finnas två separata grundvattenmagasin i jordlagren. Dessa består av ett undre, slutet grundvattenmagasin i moränen och ett öppet grundvattenmagasin i de jordlager som överlagras glacialleran. Som nämnts tidigare sker den dominerande delen av grundvattenflödet mot utströmningsområdena i dalgångarna i jordlagren och i den övre delen av berget. Grundvattenutströmning från den övre delen av berget och jordlagren till ytsystemet (ytvattnet) är således starkt beroende på geometrin och de hydrogeologiska egenskaperna för de jordlager som överlagras moränen. Grundvattenutströmningen påverkas även av de hydrogeologiska egenskaperna i den övre delen av berget (inklusive deformationszonerna) och av moränen med hög vattengenomsläpplighet ovan berget i dalgångarna.

I Laxemar finns det glaciofluvia avlagringar i fyra områden, varav Tunasåsen (utanför kartbilden i figur 3-4) är den största förekomsten med en jordlagermaktighet på cirka 15 m /Sohlenius och Hedenström 2008/. Den dominerande delen av grundvattenflödet i åsarna bedöms ske längs med åsarna i jordlager bestående av vattengenomsläppliga material (sten, grus och sand). I områden med småkuperad moränterräng är jordlagerdjupet i storleksordningen ett par meter. Som antyds av benämningen domineras dessa områden av morän och de har en mer småskalig topografi jämfört med övriga delar av Laxemar. Inom dessa områden finns det därför förhållandevis små in- och utströmningsområden för grundvatten.

Som framgår av figur 3-7 är grundvattenytan i jordlagren i dalgångarna belägen nära markytan (i regel närmare än 1–2 m) och på större djup i höjdområdena. Det finns en stark korrelation mellan markytans topografi och grundvattenytans nivå (figur 3-8), vilket i sin tur innebär att topografien har en stor inverkan på mönstret för grundvattnets in- och utströmning. Det är dock viktigt att notera att de flesta grundvattenrören i jordlagren där grundvattennivåmätningar gjorts är belägna i lågområden, eftersom högre belägna områden i regel har för små jorddjup för rörinstallation. Detta innebär att det finns få data som beskriver de hydrogeologiska förhållandena och djupet till grundvattenytan i högre belägna områden. De modellberäkningar som ligger till grund för figurerna 3-7 och 3-8 /Mårtensson et al. 2009/ avser årsmedelvärden för år 2006. I beräkningarna är slutförvarsanläggningen inte med och figurerna återspeglar därför opåverkade (naturliga) förhållanden inom MIKE SHE-modellens modellområde.



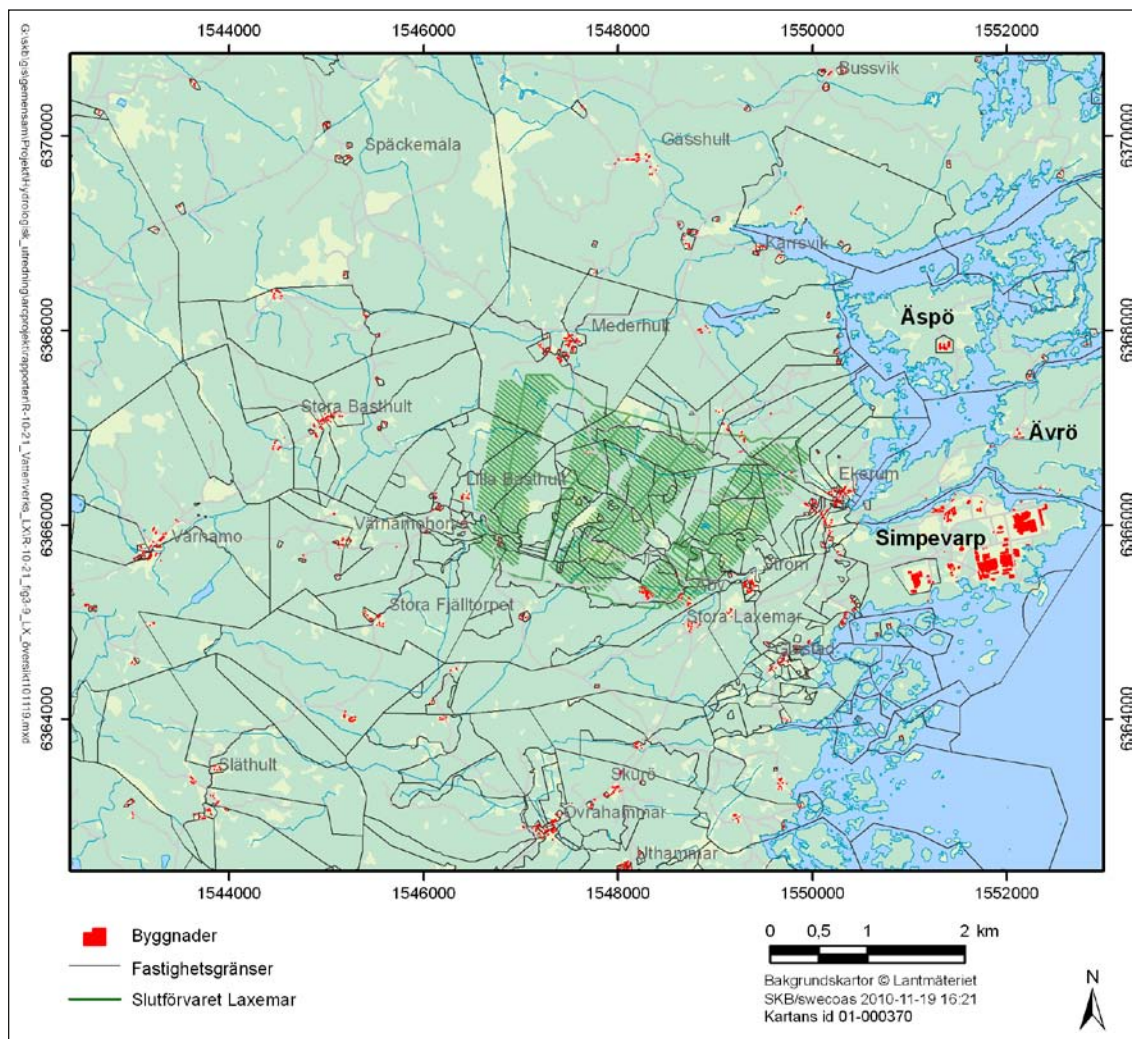
Figur 3-7. Årsmedelvärde på grundvattenytans djup under markytan (m u m y) beräknat med den så kallade MIKE SHE-modellen, för opåverkade förhållanden utan förvar. Mörkgröna och blåa områden (< 0,0) symboliserar ytvatten.



Figur 3-8. Årsmedelvärde på grundvattensytans nivå.

3.3 Fastigheter, byggnader och infrastruktur

Översiktskartan i Figur 3-9 visar aktuella fastighetsgränser och befintliga byggnader på markytan. Enligt figuren finns det ett flertal byggnader i slutförvarsanläggningens omgivning. OKG:s byggnader är belägna cirka 2,5 km från den östra delen av slutförvarsanläggningens försvarsområde. Dessa byggnader omfattar bland annat de tre reaktorbyggnaderna O1–O3 på fastigheten Simpevarp 1:8. SKB äger fastigheten Simpevarp 1:9 och byggnaderna vid Clab. På nämnda fastigheter finns också tillhörande infrastruktur såsom vägar, kraftledningar och VA-ledningssystem.



Figur 3-9. Översiktskarta som visar aktuella fastighetsgränser och befintliga byggnader på markytan.

3.4 Ekologiska förhållanden och områdesskydd

I nedanstående avsnitt beskrivs ekologiska förhållanden och områden med områdesskydd i Laxemar. Omfattande och detaljerade undersökningar har genomförts rörande Laxemarområdets ekologiska förhållanden, inklusive terrestra /Löfgren 2008/, limnologiska /Nordén et al. 2008/ och marina förhållanden /Wijnbladh et al. 2008/. /Hamrén och Collinder 2010/ genomförde ekologiska fältinventeringar med fokus på ekologiska förhållanden som skulle kunna förändras till följd av grundvattenbortledning från en slutförvarsanläggning.

3.4.1 Sjöar, bäckar och våtmarker

Sjöarna i området är små och grunda. De klassificeras som mesotrofa brunvattensjöar, vilket betyder att de har måttlig halt av närsalter men hög humushalt. Den höga humushalten medför att ljuset endast når ner till begränsade djup, vilket i sin tur innebär att växternas primärproduktion snabbt minskar med djupet. Yttäckningen av makrofyter (större vattenväxter) är liten och sjöarnas biomassa domineras av så kallade heterotrofa organismer /Nordén et al. 2008/, det vill säga organismer som konsumerar andra.

Det område som undersöktes av /Hamrén och Collinder 2010/ innehåller endast en större sjö, Frisksjön (se figur 3-1). Sjön har ett medeldjup på knappt 2 meter och ett största djup på knappt 3 meter. Sjöns tröskel vid utloppet är sänkt, men ingen dokumentation har kunnat återfinnas rörande sjösänkningen /Werner 2009/. Sjön kantas på några ställen av våtmarker som troligen var en del av sjön innan den sänktes. Vid provfiske i sjön /Engdahl och Ericsson 2004a/ påträffades de sex fiskarterna gädda, abborre,

brax, mört, sarv och gärs. Fiskpopulationen är förväntad, men antalet fiskarter är stort för en så liten sjö. Vanligt förekommande växter i sjön och längs dess stränder är bladvass, vit respektive gul näckros, vattenklöver, svalting, gäddnate, bredkaveldun och gul svärdsilja. Enligt /Hamrén och Collinder 2010/ bedöms Friskjön ha ett kommunalt värde (klass 3). Denna bedömning grundar sig på att samtliga sjöar i en kommun är av kommunalt intresse. Sjön är dock av en förhållandevis trivial typ och är som nämns ovan dessutom sänkt.

De flesta bäckarna i området är små och utgörs till stor del av diken i tidigare eller nuvarande jordbruksmark. Även bäckarna är mesotrofa och humösa. Vattenföringen i bäckarna uppvisar en stor säsongvariation. Som redan nämnts är det vattenföring året om i Laxemarån, områdets största vattendrag (figur 3-2). Trots att även Laxemarån är påverkad av utdikning, omgrävning och uträtning har den behållit en viss grad av naturlighet, med inslag av strömmande vatten och grova bottensediment. Ekologiska undersökningar /Andersson 2006, Carlsson et al. 2005, Ericsson och Engdahl 2004b/ visar inte på några förekomster av rödlistade eller skyddade arter. Vattenlevande växter utgörs av vanliga arter som bladvass, igelknopp, svärdsilja, svalting, sjöfräken och hårslinga. Undersökning av bottenfauna och fisk visar på förekomst av vanliga arter, låg artdiversitet och medelhöga till låga individantal.

Laxemarån är dock en viktig reproduktionslokal för bland annat fiskarten id, en storvuxen mörtfisk som lekvandrar om våren. Baserat på de ekologiska inventeringarna är bedömningen att Laxemarån har kommunalt värde (klass 3). Bedömningen grundar sig på att bäcken är den enda i området med vattenföring året runt, vilket gör den till en viktig naturmiljö i det annars hårt utdikade landskapet. Bedömningen motiveras även av att Laxemarån är reproduktionslokal för fisk.

Våtmarker täcker endast en liten del (3 %) av landområdena /Löfgren 2008/ i Laxemarområdet. Den omfattande markavvattningen innebär att våtmarkerna är färre och mindre än vad som skulle varit fallet utan markavvattningen. Utdikningen har även kompakterat och minskat torvlagrets mäktighet och oxiderat torven i de våtmarker som innehåller torv. I lägre liggande terräng nära kusten och längs områdets vattendrag domineras våtmarkerna av fattigkärr, med vissa inslag av intermediära kärr och fuktängar. Dessa innehåller vanligt förekommande växter såsom vecketåg, flaskstarr, sumpmåra, vattenklöver, brunven och rörflen. Vid mer näringsrika förhållanden (intermediära kärr) förekommer den ovanliga arten vattenblink. Våtmarkerna är viktiga livsmiljöer för grod- och kräldjur, fåglar, fladdermöss och insekter. I högre belägen terräng förekommer våtmarker i form av hållkarsliknande små mossar, huvudsakligen med trivial växtlighet.

I avsnitt 3.4.5 visas en översiktskarta över de identifierade och naturvärdesklassade sjöarna, bäckarna och våtmarkerna. Objekten är förtecknade i bilaga 1.

3.4.2 Skogar

Skogsmark täcker 86 % av landytan i Laxemarområdet, inkluderat hyggesmark /Löfgren 2008/. Skogarna domineras av brukade barrskogar. Högre belägna områden med ett tunt jordlager är främst bevuxna med tall, medan granen dominerar i lägre terräng med mäktigare jordlager. Markvegetationen domineras av olika ristyper med inslag av vanliga gräs och örter. I de södra och västra delarna av det område som undersökts av /Hamrén och Collinder 2010/ förekommer värdefulla äldre lövträd. Här har markvegetationen bitvis en karaktär av lundflora, med inslag av arter som blåsippa, vippärt, vårärt, myskmadra, lundelm och lundslok. Det omfattande kommersiella skogsbruket innebär att det finns många hyggen i olika successionsstadier. Det förekommer även äldre skogsbestånd (ädellövskog, aspskog och vissa barrskogar) som Skogsstyrelsen klassat som skogliga nyckelbiotoper eller objekt med naturvärde, det vill säga skogsområden som inte riktigt når upp till nyckelbiotopstatus.

En lång rad organismer är knutna till grova lövträd, främst beroende på att träden med stigande ålder utvecklar en mångfald av livsmiljöer för olika arter av insekter, svampar, lavar och mossor. Gamla ädellövträd fyller dessutom en viktig funktion som boplats åt fåglar och fladdermöss. Ädellövmiljöerna, som alltså ofta är skogliga nyckelbiotoper, bedöms vara av regionalt värde (klass 2) eller kommunalt värde (klass 3). Vissa äldre aspmiljöer kan möjligen klassas som Natura 2000-naturtypen Västlig taiga (naturtyp 9010). Som nämns ovan är aspmiljöerna ofta nyckelbiotoper enligt Skogsstyrelsens klassning och har i de flesta fall bedömts vara av regionalt eller kommunalt värde.

De barrskogar som Skogsstyrelsen klassat som skogliga nyckelbiotoper har här klassats som regionalt eller kommunalt värde. Även vissa äldre barr- och blandskogsmiljöer kan möjligen klassas som Natura 2000-naturtypen Västlig taiga. De få sumpskogarna i det undersökta området återfinns främst längs Laxemaråns nedre del. Dessa består i huvudsak av al och björk och har en förhållandevis trivial markflora. Sumpskogsmiljöerna har i regel klassats som kommunalt eller lokalt värde, beroende på faktorer som till exempel grad av naturlighet och skogens ålder.

I Laxemar är skogens naturvärden i huvudsak inte beroende av grundvattenytans nivå. I lägre liggande partier och i kanter på slutningar kan det finnas mindre fuktstråk och partier med rörligt grundvatten nära markytan. Dessa skapar en variation i livsmiljöer och mikroklimat som gynnar den biologiska mångfalden. Den sammantagna bedömningen är dock att området endast i mycket begränsad omfattning innehåller värdefulla skogsmiljöer som är gynnade eller beroende av grundvattenytans nivå. En översiktskarta över de identifierade och naturvärdesklassade skogsobjekten visas i avsnitt 3.4.5. Objekten förtecknas i bilaga 1.

3.4.3 Rödlistade och skyddade arter

ArtDatabanken vid SLU (Sveriges Lantbruksuniversitet) är ansvarig för de svenska rödlistorna över hotade och missgynnade växter, svampar och djur. Syftet med det system med hotkategorier som används i rödlistorna är att ge en översiktlig och objektiv bild av arters status, men de utgör inte någon prioriteringsordning för praktiska bevarandeinsatser. I samband med de ekologiska inventeringarna /Hamrén och Collinder 2010/ har det inte påträffats några rödlistade arter som är beroende av blöta eller fuktiga förhållanden. Det finns dock ett antal rödlistade arter som är gynnade av en mosaikartad miljö, inklusive småvatten och fuktig mark. Exempel på sådana arter är mindre hackspett och fransfladdermus. Vidare har ett antal rödlistade svamparter påträffats, såsom brödtaggsvamp, skrovlig taggsvamp, grantaggsvamp och luddticka. Dessa bedöms dock inte vara beroende av grundvattenytans nivå. Vidare förekommer den rödlistade svamparten veckticka i vissa områden utmed Laxemarån. Denna svamp brukar normalt påträffas i branter eller fuktiga lägen i löv- och blandskog.

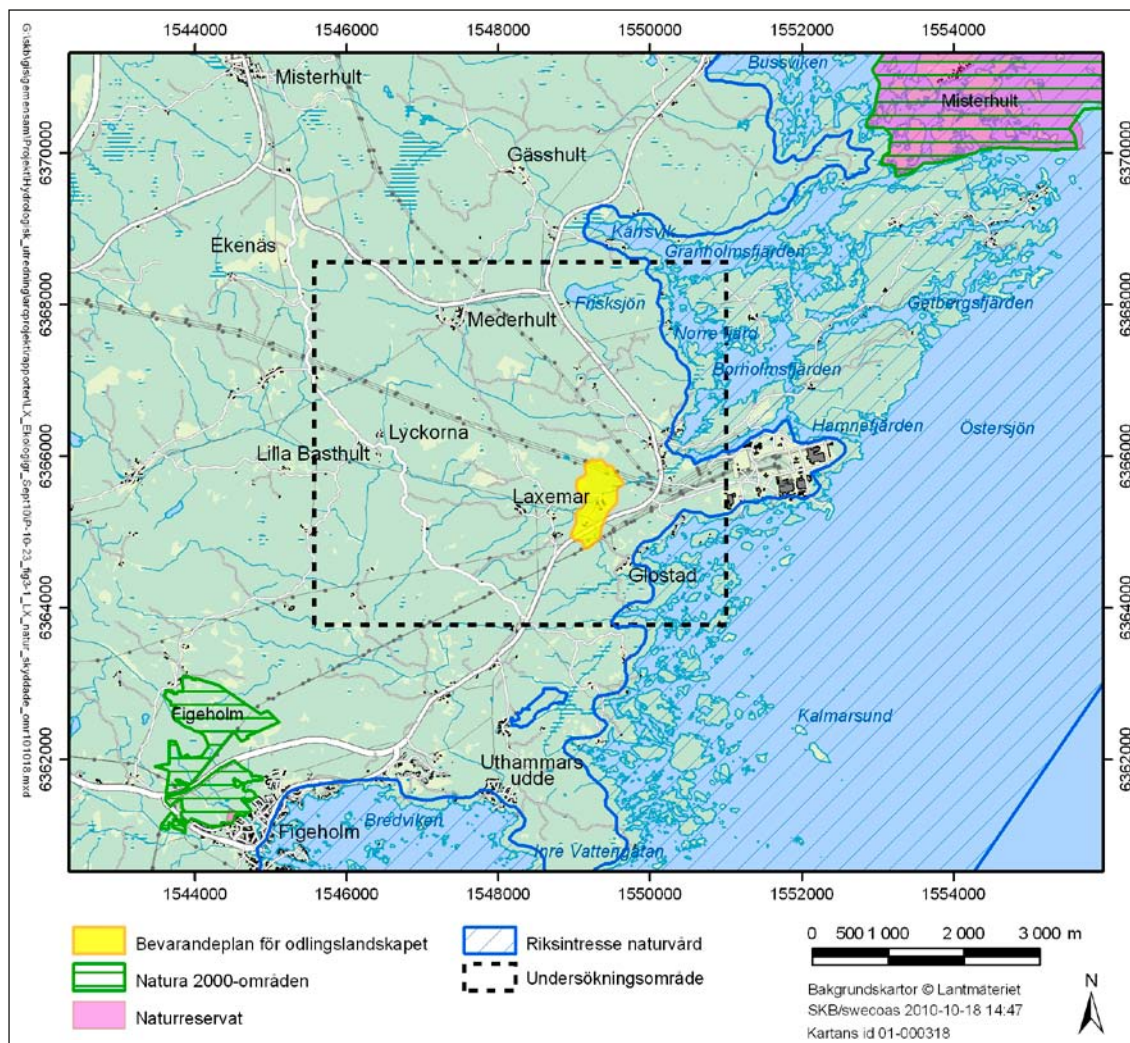
Det lagliga skyddet av växt- och djurarter i Sverige (inklusive fridlysta arter) är samlat i artskyddsförordningen (SFS 2007:845). Starkast skydd har arter med strikt skydd varhelst de förekommer. Vissa arter är skyddade inom avsatta Natura 2000-områden. Vid inventeringarna observerades nio fladdermusarter (med strikt skydd), bland annat fransfladdermus, mustaschfladdermus (alternativt brandts fladdermus), vattenfladdermus och gråskimlig fladdermus. Som nämns ovan gynnas fladdermöss av mosaikartade miljöer med småvatten och fuktig mark.

Grodor och kräldjur har endast inventerats översiktligt, men det kan ändå konstateras att det undersökta området innehåller ett antal fridlysta grod- och kräldjursarter, till exempel åkergroda, vanlig padda, mindre vattensalamander och snok. Samtliga dessa arter är beroende av våta miljöer. Övriga fridlysta arter som förekommer i det undersökta området är orkidéer, blåsippa, huggorm, kopparödla, skogsödla och sandödla.

3.4.4 Utpökade värdefulla och skyddade områden

Inom det område som undersökts av /Hamrén och Collinder 2010/ finns det inga naturreservat eller Natura 2000-områden (figur 3-10). Längs kusten finns det ett riksintresse för naturvård. Undersökningsområdet berörs av en bevarandeplan för odlingslandskapet och ingår i en så kallad värde-trakt för ädellövskog. Dessa ger inte något formellt skydd utan är främst ett sätt för Länsstyrelsen i Kalmar län att uppmärksamma värdefulla naturmiljöer för eventuellt framtida skydd och anpassad skötsel för att gynna vissa naturvärden.

Det finns ett förslag på ett eventuellt framtida naturreservat kring Laxemarån vid Ström. Enligt uppgift från Länsstyrelsen i Kalmar län är detta förslag längre ned i prioriteringsordningen jämfört med andra naturområden i länet och är alltså inte aktuellt för reservatbildning i dagsläget.

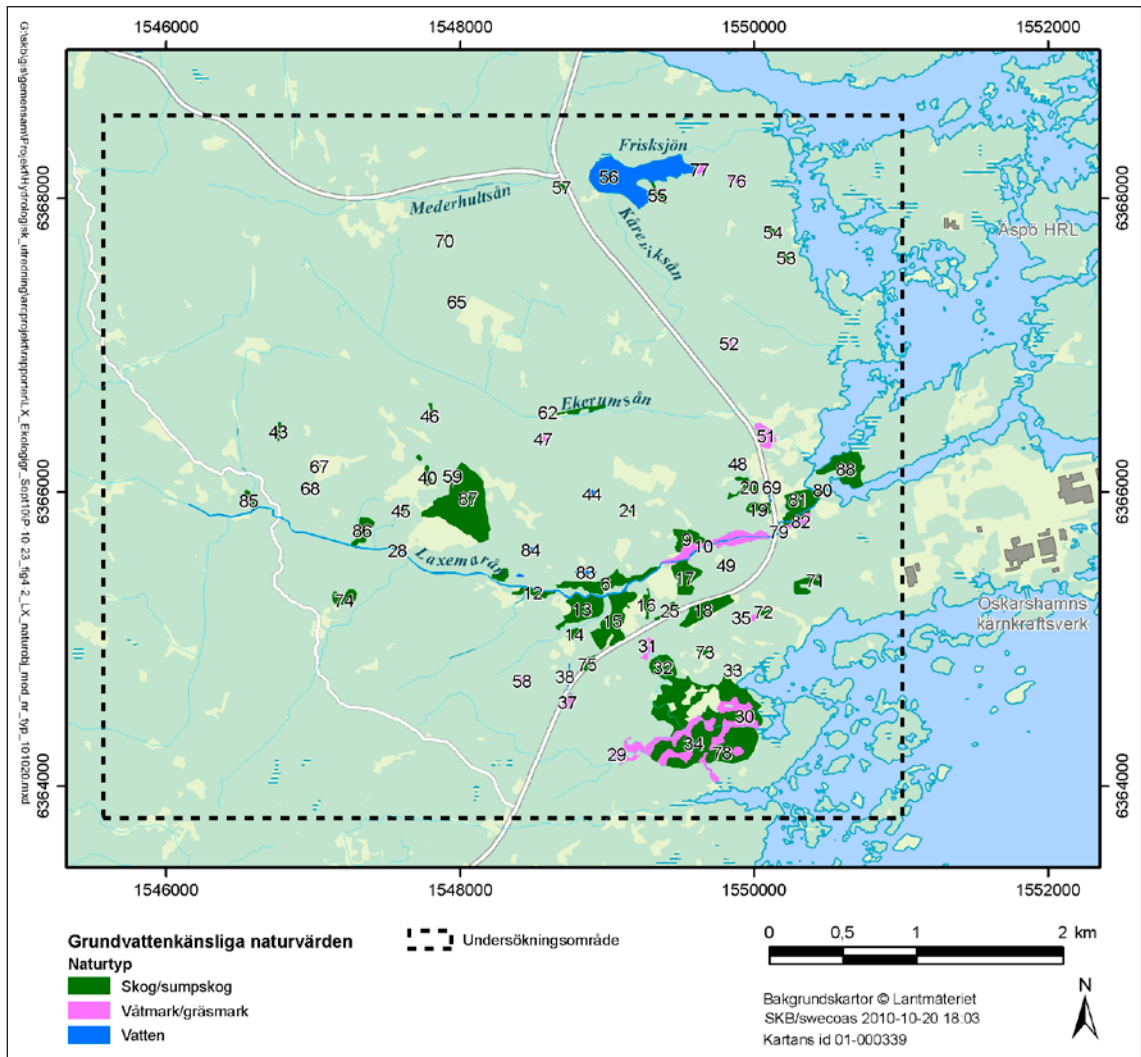


Figur 3-10. Karta som visar lägen för värdefulla och skyddade områden. Kartan visar även gränserna för det område som undersöktes av /Hamrén och Collinder 2010/.

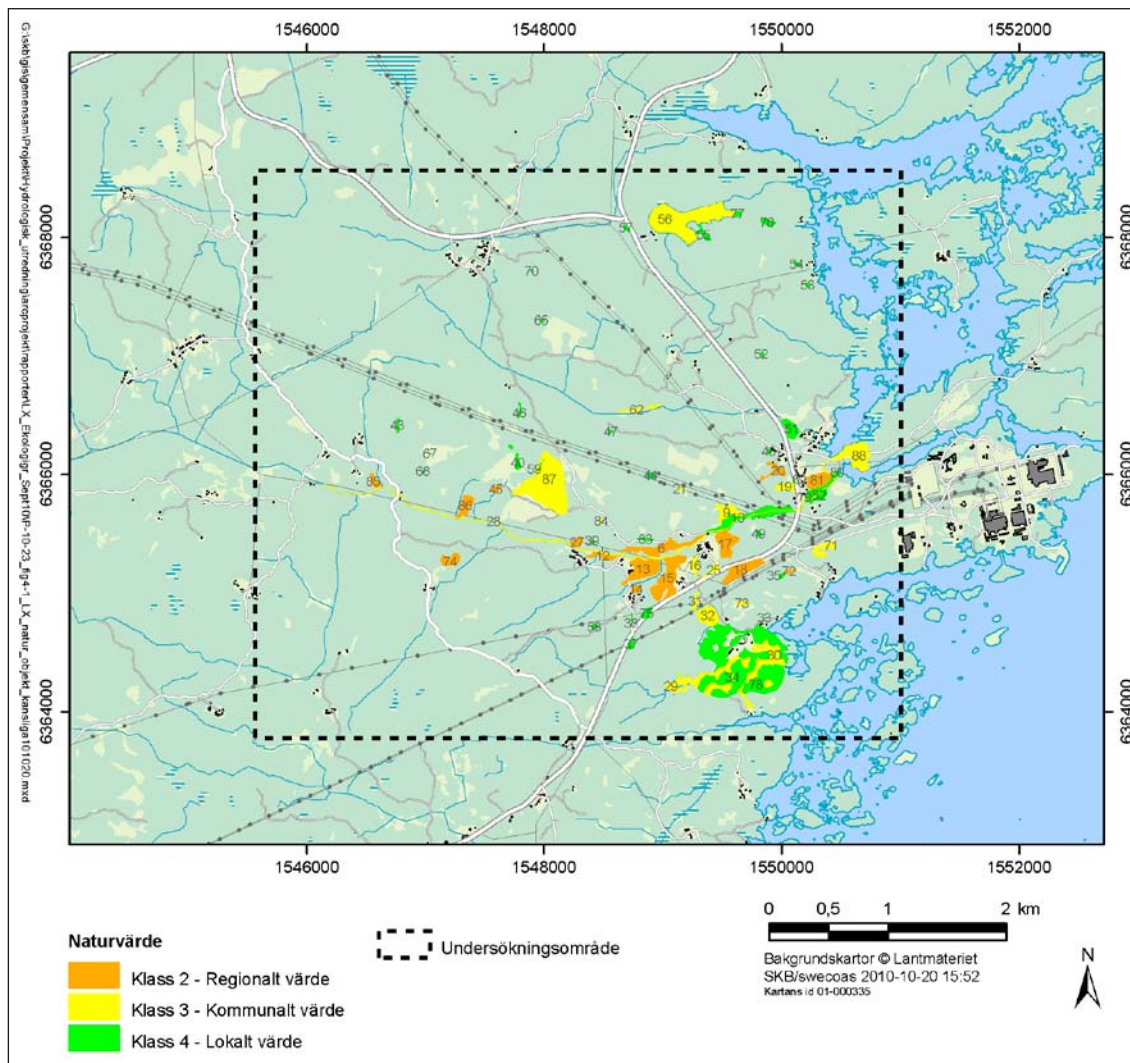
3.4.5 Identifierade och naturvärdesklassade naturobjekt

Enligt den metodik som presenteras i avsnitt 5.1.1 har totalt 67 naturobjekt identifierats och naturvärdesklassats inom det undersökta området, se figur 3-11 och förteckningen i bilaga 1. Av dessa är 26 våtmarksobjekt (inklusive fuktängar), 32 är skogsobjekt (inklusive sumpskog) och nio är sjöar och bäckar (inklusive Frisksjön och Laxemarán).

Figur 3-12 visar naturobjektens bedömda naturvärdesklasser. Inom det undersökta området finns det inga naturobjekt som bedöms ha nationellt värde (klass 1). Av skogsobjekten bedöms 15 stycken ha regionalt värde (klass 2), elva stycken kommunalt värde (klass 3) och sex stycken lokalt värde (klass 4). Vad gäller sjöar och bäckar bedöms tre stycken ha värdeklass 3 och sex stycken värdeklass 4. Motsvarande för våtmarker är fyra stycken med värdeklass 3 och 22 stycken med värdeklass 4.



Figur 3-11. Identifierade och naturvärdesklassade naturobjekt.



Figur 3-12. Bedömda naturvärden för identifierade naturobjekt.

3.5 Jord- och skogsbruk

3.5.1 Jordbruk

I Laxemarområdet förekommer jordbruk främst i uppodlade dalgångar. Under senare år har det aktiva jordbruket minskat och andelen skog har ökat. Som nämnts tidigare har omfattande markavvattning inklusive sjösänkning gjorts i området (se övre bilden i figur 3-13). En stor andel av jordbruksmarken utgörs därför av utdikade våtmarker som gjort det möjligt att odla i tidigare kärrområden /SKBdoc 1247711, Sohlenius och Hedenström 2008/. Den undre bilden i figur 3-13 visar ett odränerat och obrukat område som en illustration av markavvattningens betydelse.

Jordbruksmarken omfattar 8 % av landarean inom det regionala modellområdet, att jämföra med 16 % i länet. Jordbruksmarken är fördelad på ungefär hälften odlingsmark och hälften betes- och ängsmark, inklusive produktion av foder och ensilage (figur 3-14). Produktionen av grödor domineras av korn, men inkluderar även bland annat vete och råg /Löfgren 2008/. Heltäckande information om vad som odlas på enskilda fält har dock inte insamlats.



Figur 3-13. Övre bilden: Markavvattning i en uppodlad del av en dalgång. Undre bilden: Blött område i odränerad och obrukad mark.



Figur 3-14. Ungefär hälften av jordbruksmarken i Laxemarområdet används som betes- och ängsmark, inklusive produktion av foder och ensilage.

3.5.2 Skogsbruk

I Laxemarområdet finns det en lång skogsbrukstradition. Som nämnts tidigare påvisas denna långa tradition genom en hög andel yngre och äldre hyggen i olika successionsstadier. I dagsläget är skogsbruk den dominerande markanvändningen och nästan nio tiondelar av landområdena inom det regionala modellområdet består av skogsmark.

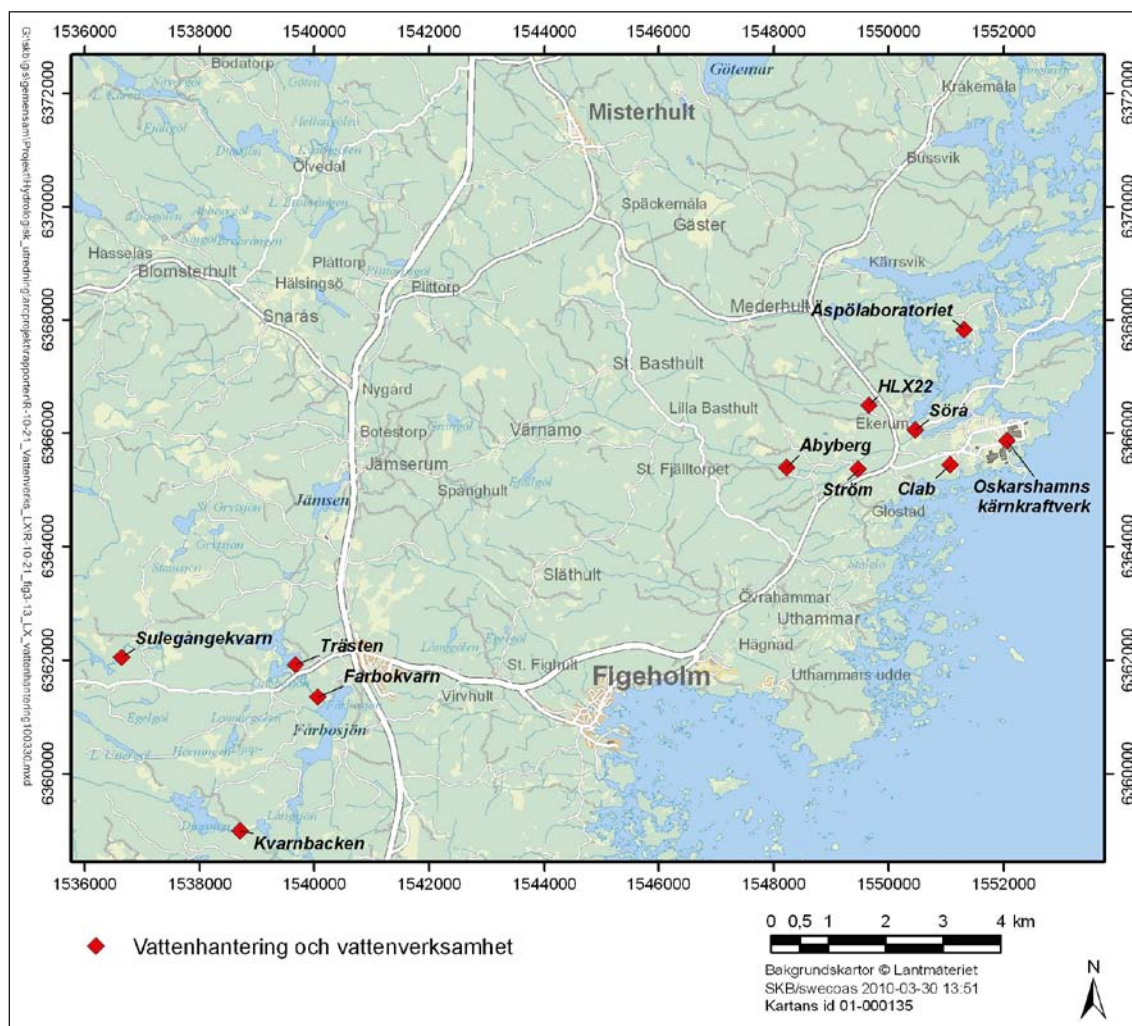
Baserat på den generella fördelningen på olika trädslag i området /Löfgren 2008/ kan en översiktlig fördelning inom den produktiva skogsmarken skattas till två tredjedelar tall och en tredjedel gran. Skogsbruket i Laxemarområdet kännetecknas av en småskalig ägarstruktur utan någon dominerande skogsägare /SKBdoc 1247710/.

3.6 Befintlig vattenhantering och vattenverksamhet

3.6.1 Dricksvattenförsörjning och enskilda brunnar

Oskarshamns kommun har en vattentäkt i Tunaåsen vid Fårbo nära Fårbosjön (se figur 3-15). Ett vattenskyddsområde har upprättats för vattentäkten, som försörjer samhällena Fårbo, Misterhult och Figeholm. I sammanhanget kan det också nämnas att det finns ett grustag i Tunaåsen, mellan europaväg E22 och sjön Jämsen.

Information om enskilda brunnar i Laxemar är tillgänglig från en brunnsinventering som gjordes 2001–2002 /Morosini och Hultgren 2003/, inklusive information från SGU:s brunnsarkiv. I samband med inventeringen identifierades 218 enskilda brunnar inom det regionala modellområdet (figur 4-1), varav 103 är bergborrhade brunnar och resten är jordbrunnar. I samband med brunnsinventeringen inhämtades grundläggande information om brunnarna, men det togs dock inga vattenprover för kemisk eller mikrobiologisk analys.



Figur 3-15. Översiktskarta som visar lägena för befintlig vattenhantering och vattenverksamhet i Laxemarområdet. Läget för sjön Götemar framgår av kartan (längst i norr) och sjön har därför ingen röd lägesmarkering. Kartan visar även lägen för mätstationer som är kopplade till OKG:s tidigare och nuvarande vattenverksamhet.

3.6.2 Befintliga vattenverksamheter

Oskarshamns Kraftgrupp AB (OKG) innehar tillstånd för följande vattenverksamheter (se figur 3-15):

- Uttag av ytvatten från sjön Götemar för dricks- och processvattenförsörjning till Oskarshamns kärnkraftverk. Vattnet pumpas via en rörledning till OKG:s vattenverk vid kärnkraftverket.
- Uttag av ytvatten från Laxemarån vid Ström. Sjön Söra (en tidigare havsvik; se figur 3-1) används av OKG som reservvattentäkt (branddamm). Under några dagar varje eller vartannat år pumpas vatten från Laxemarån till sjön Söra för att upprätthålla den tillgängliga vattenvolymen i sjön. Det finns sedan början av 1970-talet ett omfattande kontrollprogram för OKG:s vattenöverföring till Söra. Figur 3-15 visar lägena för de mätstationer som ingår eller som tidigare ingått i detta kontrollprogram (Sulegångekvarn, Trästen, Fårbokvarn, Kvarnbacken, Åbyberg och Ström). För ytterligare detaljer, se /Werner 2009/.
- Uttag av havsvatten för att försörja kärnkraftverket med kylvatten.

SKB innehar tillstånd för följande vattenverksamheter:

- Uttag av kylvatten från havet samt bortledning av grundvatten för länshållning av bergrummen i anläggningen Clab (centralt mellanlager för använt kärnbränsle) på Simpevarpshalvön. SKB planerar att uppföra en inkapslingsanläggning vid Clab, vilket kan medföra en viss ökning av grundvattenbortledningen /Werner 2010/.
- Bortledning av grundvatten från undermarksanläggningen Äspölaboratoriet under ön Äspö.
- Uttag av grundvatten från borrhålet HLX22 på fastigheten Lilla Laxemar 2:16 för vattenförsörjning till Lilla Laxemar by. Uttaget från borrhålet ersatte vattenförsörjningen från 18 enskilda brunnar i Lilla Laxemar.

3.6.3 Markavvattningsföretag och källor

Karaktäristiskt för Småland och i synnerhet för Oskarshamns kommun är det stora antalet kulturtekniska åtgärder i form av markavvattningsföretag och sjösänkningar /Nyborg et al. 2004, Werner 2009/. Originalkartor och -ritningar som erhållits från Lantbruksingenjören vid Länsstyrelsen i Kalmar Län visar att de flesta bäckarna i Laxemarområdet som nämnts tidigare är modifierade genom olika typer av kulturtekniska åtgärder.

En kontroll i SGU:s källarkiv visar att det inte finns några registrerade källor i Laxemarområdet. I samband med jordartskarteringen i Laxemar /Rudmark et al. 2005/ påträffades dock en källa med ett flöde på cirka 1 l/s (liter per sekund) vid foten av Tunaåsen, ungefär fem kilometer norr om Fårbo samhälle.

3.7 Förändringar av förhållandena i Laxemarområdet fram till år 2100

Detta avsnitt ger en översikt över möjliga framtida förändringar av förhållandena i Laxemarområdet, med fokus på sådana förändringar som kan ha betydelse för grundvattenbortledningen samt dess effekter och konsekvenser. Översikten är främst inriktad på det så kallade nollalternativet, det vill säga förändringar i området som sker utan etablering av en slutförvarsanläggning. Vidare bör framtida planer i övrigt beaktas vad gäller verksamheter som berör samma vattentillgång, där en tidsperiod på tio år kan anses rimlig /Naturvårdsverket 2008/. Längden på slutförvarsanläggningens skeden (avsnitt 2.2) innebär att år 2100 här används som bortre tidshorisont. Bedömningar görs vad gäller övriga verksamheter (avsnitt 3.7.1) samt områdets naturliga utveckling (avsnitt 3.7.2). Bedömningarnas omfattning och precision begränsas givetvis av möjligheterna att göra meningsfulla förutsägelser över en så lång tidsperiod.

3.7.1 Förändringar avseende övriga verksamheter

Vad gäller den kommunala vattenförsörjningen anser kommunen att rullstensåsar som är lämpliga för framtida vattenförsörjning ska skyddas, bland annat för att trygga vattenförsörjningen i kommunens kust och skärgård /Oskarshamns kommun 2000/. Som nämnts tidigare finns det i Laxemar glaciofluvia avlagringar i fyra områden, varav Tunasåsen i dagsläget används för vattenförsörjning (Fårbo vattentäkt). I den kommunala översiktsplanen anges grundvattentillgången i övriga åsformationer som liten till måttlig. Detta kan tolkas som att de främst skulle kunna bli aktuella för lokal vattenförsörjning.

I avsnitt 3.6.1 framgår att det i dagsläget finns ett stort antal enskilda brunnar i Laxemarområdet. Det är tänkbart att ytterligare bebyggelse kan tillkomma, vars möjligheter till egen vattenförsörjning skulle påverkas av grundvattenbortledning från en slutförvarsanläggning. Vad gäller framtiden för Oskarshamns kärnkraftverk är den aktuella referensen 60 års drifttid för reaktorerna /SKB 2008/. Detta skulle innebära att kärnkraftverket och tillhörande system drivs vidare en bit in på 2040-talet.

3.7.2 Laxemarområdets naturliga utveckling

Naturmiljöer, jord- och skogsbruk

Oavsett om det finns en slutförvarsanläggning eller inte, sker en långsam igenväxning av våtmarker och fuktiga skogspartier /Hamrén et al. 2010/. Vad gäller fuktiga skogspartier är dock skogsbruket en viktig faktor. Det kan förutsättas att skogsbruket även fortsättningsvis bedrivs som i dagsläget. Jordbrukets och kulturlandskapets utveckling är till stor del beroende på politiska beslut. Med nuvarande

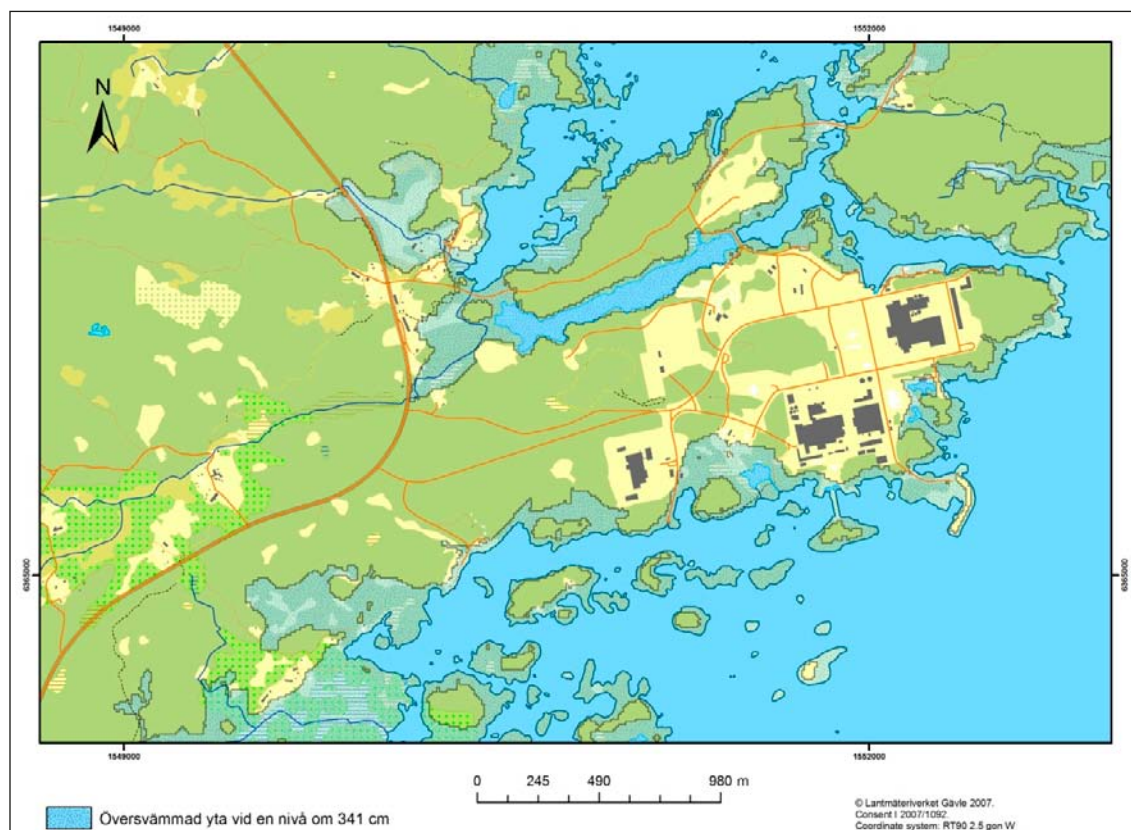
politiska inriktning finns det förutsättningar att värdefulla kulturlandskapsmiljöer utvecklas mot en större biologisk mångfald, givet möjligheterna att hålla betande djur i hagmarksmiljöer. Fram till år 2100 förutses inga förändringar ske av Frisksjöns och Laxemaråns ekologiska status och naturvärden.

Klimatförändring och havsnivåhöjning

Klimatförändring och global uppvärmning i kombination med andra faktorer kan orsaka en höjning av havsnivån fram till år 2100. Dels kan havets medelnivå höjas, dels kan förändringar ske av amplituden och återkomsttiden för kortvariga havsnivåvariationer. Sådana förändringar är viktiga faktorer för förhållandena i mark- och vattenområden längs kusten. Kortvariga, extrema havsnivåer ger upphov till översvämningar av kustnära områden, och en förändring av havets medelnivå kan medföra att nettolandhöjningen (strandlinjeförskjutningen) minskar eller blir negativ.

Framtida förändringar av havets nivå är en öppen forskningsfråga, och prognoser av framtida havsnivåer är behäftade med stora osäkerheter. /Brydsten et al. 2009/ redovisar beräkningar från tre olika forskargrupper avseende den globala eustasin (förändringar av den globala havsnivån) fram till år 2100 /IPCC 2007, Pfeffer et al. 2008, Rahmstorf 2007/. För den snabbaste förändringen enligt /Rahmstorf 2007/ är förändringen 1,38 m fram till år 2100. Med hänsyn till den lokala landhöjningen på 1 mm per år är höjningen av strandlinjens medelnivå vid Laxemar 1,15 m fram till år 2100.

För perioden 2050–2150 redovisar /Brydsten et al. 2009/ kortvariga extrema havsnivåer i intervallet 2,00 till 3,41 m, baserat på data från de ovannämnda forskargrupperna. Figur 3-16 visar strandlinjen i Laxemar vid en extrem havsnivå på 3,41 m, således med hänsyn även till kortvariga nivåvariationer. Kartan visar att små områden längs kusten skulle bli översvämmade även vid en havsnivå på 3,41 m. Bedömningen är således att en höjning av havets nivå inte skulle ha någon betydande inverkan vad gäller grundvattenbortledningen från en slutförvarsanläggning i Laxemar.



Figur 3-16. Översiktskarta som visar översvämmade områden vid en havsnivå på 3,41 m ö h.

4 Bedömning av grundvattenbortledningens hydrogeologiska och hydrologiska effekter

4.1 Underlag och genomförda bedömningar

Detta kapitel sammanfattar bedömningsmetoder och -resultat avseende de hydrogeologiska och hydrologiska effekterna av bortledande av grundvatten från en slutförvarsanläggning i Laxemar. Viktiga underlag utgörs av den omfattande platsundersökningen och de resulterande konceptuella beskrivningarna /Rhén och Hartley 2009, Söderbäck och Lindborg 2009, SKB 2009a, Werner 2009/. Två olika modelleringsverktyg (vattenflödesmodellerna MIKE SHE /Mårtensson et al. 2009/ och DarcyTools /Svensson och Rhén 2011/) har använts för att stödja och illustrera prognoserna. En orsak till att två olika flödesmodeller använts är att det är svårt att i en och samma modell hantera hela slutförvarsanläggningen, berget och förhållandena nära markytan i detalj. Både MIKE SHE och DarcyTools är kvalificerade och utprovade modelleringsverktyg för att prognostisera hydrogeologiska och hydrologiska effekter av grundvattenbortledning. För en närmare beskrivning av dessa modelleringsverktyg, se /Werner et al. 2010/.

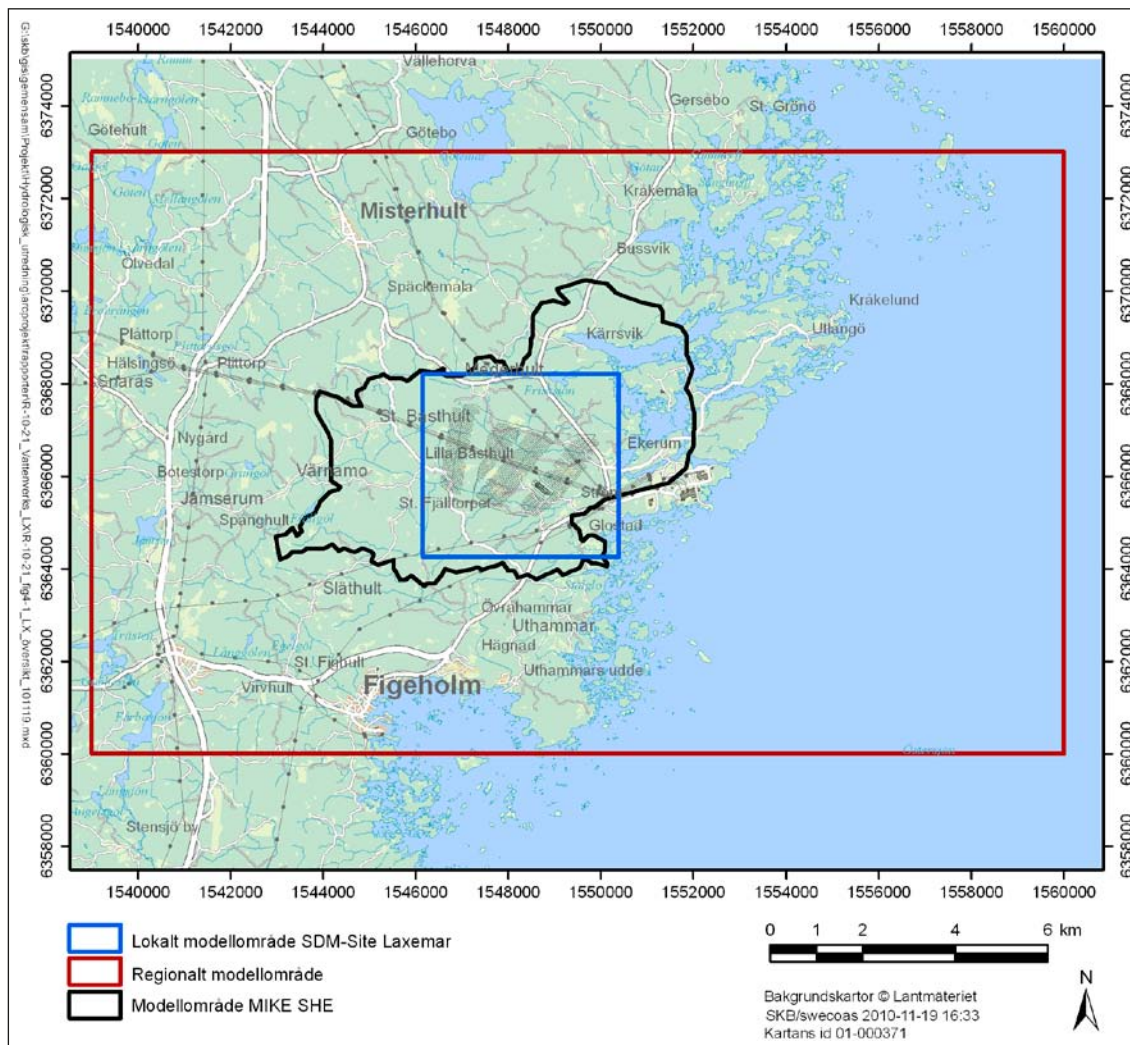
I detta sammanhang har främst resultat från MIKE SHE-modellen använts som stöd och för att illustrera grundvattenbortledningens effekter /Mårtensson et al. 2009/. Detta motiveras bland annat av att MIKE SHE i mer detalj kan beskriva egenskaper och processer nära och på markytan, det vill säga inom den del av systemet där konsekvenser kan uppstå för miljö och hälsa. Modelleringsverktyget MIKE SHE beskriver de huvudsakliga vattenflödena inom den hydrologiska cykeln på land, exempelvis vattenflöden i den omättade zonen, i den mättade (grundvatten)zonen och på markytan. MIKE SHE har i sin tur sammankopplats med en kanalflödesmodell, MIKE 11. MIKE 11-modellen beskriver nivåer och flöden i bäckar och interaktionen mellan ytvatten och de vattenflöden som hanteras av MIKE SHE. Rampen, tunnarna och övriga utrymmen under mark beskrivs med hjälp av modelleringsverktyget MOUSE. För en närmare beskrivning av modelleringsverktygen MIKE SHE, MIKE 11 och MOUSE, se /Werner et al. 2010/.

MIKE SHE-modellen baseras på de konceptuella beskrivningar och den MIKE SHE-modell för Laxemar som presenteras i /Bosson et al. 2009, Rhén och Hartley 2009, Werner 2009/. Modellen inkluderar hela förvaret och berget under förvaret ner till nivån $-1\ 190\ \text{m}\ \text{ö}\ \text{h}$ ($1\ 190$ meter under havet). Vissa uppdateringar har gjorts i MIKE SHE-modellen jämfört med den modell som togs fram inom ramen för platsbeskrivningen /Bosson et al. 2009/, bland annat vad gäller modellvolymens vertikala utsträckning samt bergets hydrogeologiska egenskaper.

Figur 4-1 visar MIKE SHE-modellens modellområde och den använda utformningen på slutförvarsanläggningen (Laxemar Layout D2, version 1.0, februari 2009), inklusive en reserv på 20 % för potentiellt bortfall av kapselpositioner. Om inget annat sägs avser MIKE SHE-resultaten ett hypotetiskt fall med ett helt öppet förvar, det vill säga ett värsta fall som inte skulle uppstå i verkligheten. I samtliga beräkningsfall där förvaret är inkluderat har den injekterade zonen ansatts en tjocklek på 5 m, vilket är ett rimligt antagande åtminstone för tunnlar på förvarsnivå /Brantberger och Jansson 2009/.

MIKE SHE-modellens modellområde har en yta på 34 km², varav 31,1 km² är landområden (inklusive ön Äspö). Modellen har en rumslig upplösning i horisontalplanet på 40 m gånger 40 m. Randvillkoren, som styr interaktionen mellan modellvolymen och dess omgivning, innebär att det inte kan ske något in- eller utflöde genom modellens botten eller genom modellens ytterkanter på land. I havsdelen av modellområdet ansätts en tidsvarierande grundvattennivå i jord, motsvarande uppmätta havsnivåvariationer /Bosson et al. 2009, Werner et al. 2008/. I beräkningarna representeras inläckaget till Äspölaboratoriet under ön Äspö (se avsnitt 3.6.2) av ett antal pumpbrunnar i de punkter där det uppmätta inläckaget överstiger 0,3 l/s. Detta motsvarar ungefär 85 % av det totala uppmätta inläckaget. Anläggningen Clab och dess bergrum på Simpevarpshalvön är utanför modellområdet.

Med undantag för vissa känslighetsanalyser baseras MIKE SHE-beräkningarna på lokalt uppmätta meteorologiska data och havsnivådata från åren 2004–2006. Åren 2004–2005 har använts som en ”inkörningsperiod”, medan de redovisade beräkningsresultaten avser det efterföljande året 2006. Om inget annat sägs används således 2006 som ett typår. Ur meteorologisk synpunkt var detta ett normalt år med en ackumulerad nederbörd på 591 mm som medelvärde över modellområdet, vilket är i stort sett identiskt med långtidsmedelvärdet för Laxemarområdet under referensnormalperioden 1961–1990 på 591,5 mm /Werner 2009/.



Figur 4-1. Översiktskarta som visar MIKE SHE-modellens modellområde, gränserna för de regionala och lokala modellområdena som används i platsbeskrivningen för Laxemar /SKB 2009a/, samt den utformning på slutförvarsanläggningen som använts i MIKE SHE.

4.2 Inläckage av grundvatten till slutförvarsanläggningen

4.2.1 Prognostiserat inläckage till slutförvarsanläggningen

Enligt MIKE SHE-beräkningarna (tabell 4-1) skulle det totala inläckaget till ett helt öppet förvar bli i storleksordningen 55–90 l/s, där intervallet återspeglar olika värden på vattengenomsläppligheten i den injekterade zonen /Mårtensson et al. 2009/. MIKE SHE-beräkningarna har gjorts för tre tätningsfall: (i) $K_{inj} = 10^{-8}$ m/s (meter per sekund), samt två fall med (ii) $K_{inj} = 10^{-9}$ respektive (iii) $K_{inj} = 10^{-10}$ m/s kring deponeringstunnlarna och $K_{inj} = 10^{-8}$ m/s i övrigt. Tätningsfall (ii) är basfallet, det vill säga ett rimligt tätningsfall som utgångspunkt för bedömning av grundvattenbortledningens effekter och konsekvenser.

Rampen, tunnarna och bergrummen inom centralområdet samt de fyra schakten mellan driftområdet och centralområdet är de delar av slutförvarsanläggningen som skulle vara öppna under förvarets hela driftskede. Det beräknade inläckaget till rampen och de sex schakten är 6,4 l/s (tätningsfall (i)), 7,4 l/s (tätningsfall (ii)) respektive 9,3 l/s (tätningsfall (iii)), motsvarande endast 7–17 % av det totala inläckaget. Mindre inläckage till ramp och schakt vid högre K_{inj} -värde kring deponeringstunnlarna beror på större inläckage på förvarsnivå. Detta ger större sänkning av grundvattnets tryckhöjd i berget ovan förvarsnivån, som i sin tur minskar inläckaget till ramp och schakt. Det beräknade inläckaget under olika utbyggnadssteg presenteras i avsnitt 4.2.2.

Tabell 4-1. MIKE SHE-beräknat inläckage av grundvatten för olika värden på den injekterade zonen vattengenomsläpplighet, K_{inj} . Beräkningarna avser ett hypotetiskt fall med hela förvaret öppet samtidigt.

K_{inj} (m/s)	Beräknat inläckage					
	l/s			m ³ /år		
	Ramp	Schakt	Tunnelsystem	Ramp	Schakt	Tunnelsystem
Tättningsfall (i): 10^{-8}	3,9	2,5	81,5	$1,23 \cdot 10^5$	$7,88 \cdot 10^4$	$2,57 \cdot 10^6$
Tättningsfall (ii): 10^{-9} kring deponeringstunnlar och 10^{-8} i övrigt	4,6	2,8	67,0	$1,45 \cdot 10^5$	$8,83 \cdot 10^4$	$2,11 \cdot 10^6$
Tättningsfall (iii): 10^{-10} kring deponerings-tunnlar och 10^{-8} i övrigt	6,0	3,3	45,7	$1,89 \cdot 10^5$	$1,04 \cdot 10^5$	$1,44 \cdot 10^6$

Enligt beräkningarna är alltså det totala inläckaget, och i viss mån även dess fördelning på förvarets olika delar, beroende av vattengenomsläppligheten i den injekterade zonen, K_{inj} . Den klart största andelen (83–93 %) av det totala inläckaget skulle ske på förvarsnivå, medan det specifika inläckaget (inläckage per längdenhet) skulle bli störst på nivåerna –350 till –390 m ö h. Enligt /Mårtensson et al. 2009/ uppvisar det beräknade inläckaget vissa variationer (några liter per sekund) under året. Inläckaget är något större under perioder på året med hög nederbörd och/eller snösmältning, främst i de övre delarna av ramp och schakt.

4.2.2 Inläckage under olika utbyggnadssteg

I flödesmodelleringen måste av praktiska skäl förvarets successiva utbyggnad beskrivas på ett förenklat sätt i form av diskreta ”utbyggnadssteg”. De utbyggnadssteg som diskuteras här är därför en förenkling av den verkliga utbyggnaden av förvarsområdet. Tabell 4-2 redovisar det modellberäknade inläckaget under uppförandeskedet och ett av utbyggnadsstegen under förvarets driftskede (utbyggnadssteg 2). Resultaten avser tättningsfall (ii). Uppförandeskedet har definierats på så sätt att de öppna förvarsdelarna inkluderar rampen, de fyra schakten mellan driftområdet och centralområdet, samt tunnlar och berggrummen inom centralområdet (för en illustration, se figur 4-10 i avsnitt 4.3.2). Öppna förvarsdelar under utbyggnadssteg 2 omfattar även ett antal stam- och deponeringstunnlar söder och väster om centralområdet, tillhörande transporttunnlar samt ett av de två yttre ventilationsschakten (se figur 4-11).

Tabell 4-2 visar att inläckaget skulle bli mindre under uppförande- och driftskedena jämfört med ett helt öppet förvar. Inläckaget under uppförandeskedet är drygt 9 l/s (motsvarande en åttodel av fallet med ett helt öppet förvar), vilket beror på att inga deponeringsområden är öppna under detta skede. För utbyggnadssteg 2 är det modellberäknade inläckaget cirka 22 l/s, vilket är knappt en tredjedel av fallet med ett helt öppet förvar. Som jämförelse med tabell 4-2 kan nämnas att DarcyTools-beräkningarna /Svensson och Rhén 2011/ för motsvarande tättningsfall (i)–(iii) ger ett inläckage av grundvatten till förvaret på 25–309 l/s beroende på utbyggnadssteg. Notera att det som här benämns uppförandeskedet inte studerades med DarcyTools. För samma tättningsfall som i tabell 4-2 (tättningsfall (ii)) prognostiserar DarcyTools-modellen ett inläckage som är i intervallet 30 l/s (utbyggnadssteg 1) till 198 l/s (utbyggnadssteg 5). För utbyggnadssteg 2 erhålls 50 l/s för tättningsfall (ii), vilket kan jämföras med 22 l/s som erhålls med MIKE SHE. Enligt DarcyTools-modelleringen är således 200 l/s det största inläckage som skulle uppstå under förvarets driftskede för det tättningsfall som här används som basfall (tättningsfall (ii)), eftersom hela förvaret som nämnts tidigare inte skulle vara öppet samtidigt.

Tabell 4-2. MIKE SHE-beräknat inläckage till förvaret under uppförandeskedet och utbyggnadssteg 2.

Utbyggnadssteg	Beräknat inläckage					
	l/s			m ³ /år		
	Ramp	Schakt	Tunnelsystem	Ramp	Schakt	Tunnelsystem
Uppförandeskede	7,6	0,6	1,1 (centralområdet)	$2,40 \cdot 10^5$	$1,89 \cdot 10^4$	$3,47 \cdot 10^4$ (centralområdet)
Utbyggnadssteg 2	6,4	1,9	13,3	$2,02 \cdot 10^5$	$5,99 \cdot 10^4$	$4,19 \cdot 10^5$

Skillnaden mellan MIKE SHE- och DarcyTools-beräknade inläckage kan bero på att de två modellverktygen delvis baseras på olika koncept. Som nämnts tidigare kan MIKE SHE i mer detalj beskriva grund- och ytvattenflöden nära och på markytan, medan DarcyTools är ett modelleringsverktyg som är utvecklat för att analysera grundvattenflöde och ämnestransport i porösa media och sprickigt berg. Vidare har DarcyTools en högre rumslig upplösning (4 m) jämfört med MIKE SHE (40 m) på förvarsnivå, där den dominerande andelen av det totala inläckaget skulle ske (se avsnitt 4.2.1). Faktorer som rumslig upplösning och medelvärdesbildning vid representationen av sprickor på förvarsnivå kan därför ge upphov till skillnader i modellberäknat inläckage.

En testjämförelse mellan DarcyTools och ConnectFlow, som är ett modelleringsverktyg anpassat för diskret flödesmodellering i sprickigt berg, visar på likartade resultat vad gäller inläckaget på förvarsnivå till olika anläggningsdelar /Joyce et al. 2011/. I nuläget är det dock inte möjligt att avgöra om de konstaterade skillnaderna mellan MIKE SHE- och DarcyTools-beräknade inläckage i första hand beror på skillnader i behandlingen av den ytnära hydrogeologin och hydrologin, eller på skillnader i beskrivningen av förhållandena på förvarsnivå.

4.2.3 Erfarenheter från andra undermarksanläggningar i berg

Rimligheten i modellberäknat inläckage kan bedömas genom att jämföra med erfarenheter från uppmätta inläckage till andra undermarksanläggningar i berg. Baserat på /Axelsson och Follin 2000/ presenterar /Werner et al. 2010/ en sammanställning av uppmätta inläckage till bland annat ett antal svenska gruvor. En jämförelse visar att det inläckage som beräknats med MIKE SHE är i samma storleksordning som uppmätt inläckage vid några av de större gruvorna i Sverige.

4.3 Grundvattenbortledningens effekter på grundvattennivåer i berg och jord

Redovisningen i detta avsnitt är uppdelad på sänkningen av grundvattnets tryckhöjder i berg (avsnitt 4.3.1) och avsänkningen av grundvattenytan (avsnitt 4.3.2). Sänkning av tryckhöjder i berg har relevans för till exempel enskild vattenförsörjning från bergborrade brunnar, medan en avsänkning av grundvattenytan är en effekt inom den del av systemet där djur och växter lever.

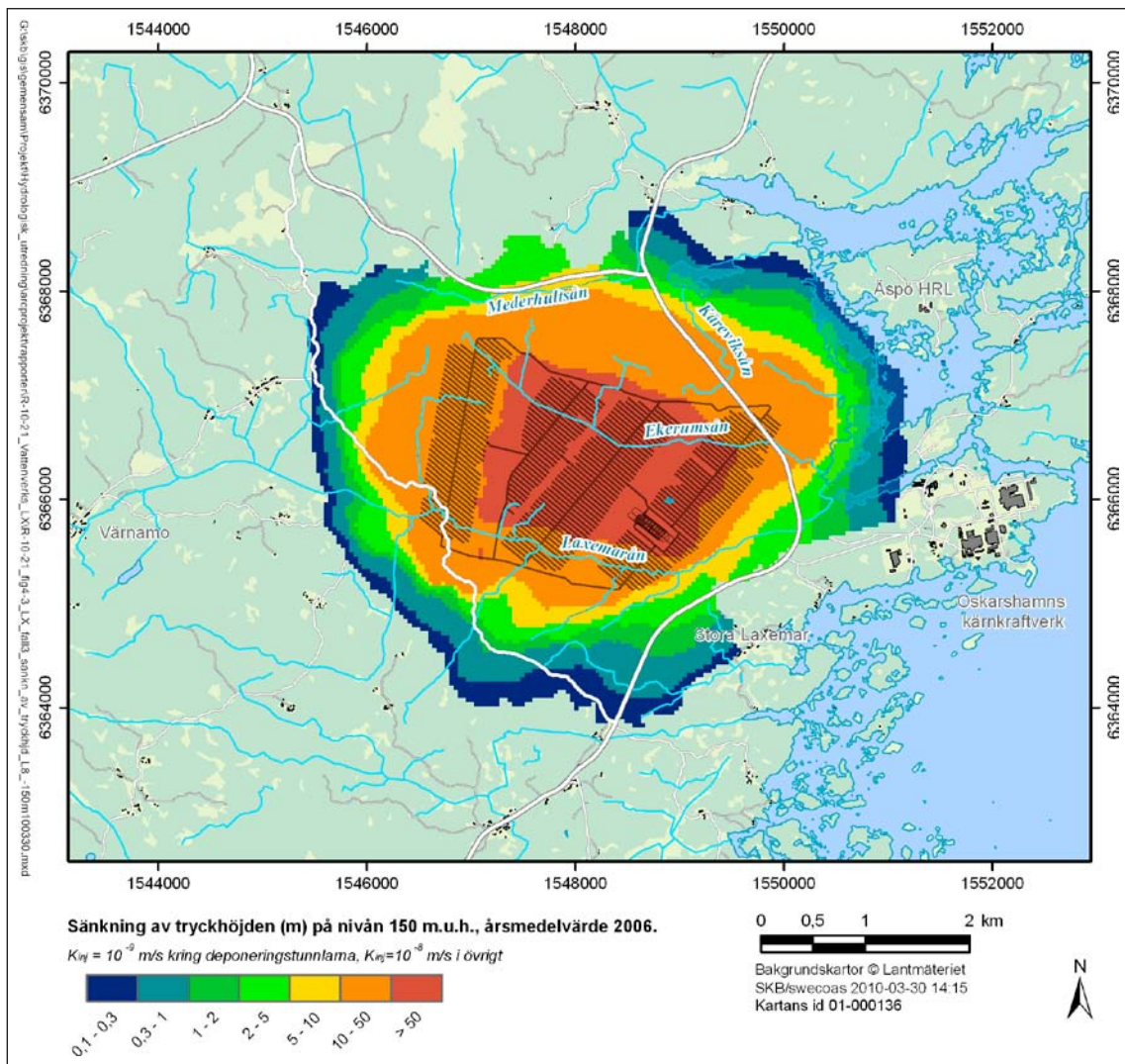
4.3.1 Sänkning av grundvattnets tryckhöjder i berg

I detta avsnitt redovisas sänkningen av grundvattnets tryckhöjder i berg som skillnaden mellan grundvattnets beräknade tryckhöjder för opåverkade förhållanden (utan förvar) och motsvarande tryckhöjder med förvar. Grundvattnets tryckhöjd på en specifik nivå kan förenklat beskrivas som höjden på en vattenpelare som har sin botten på denna nivå (för en närmare förklaring, se /Werner et al. 2010/). Påverkansområdet definieras här som det geografiska område inom vilket grundvattnets tryckhöjder i berg sänks.

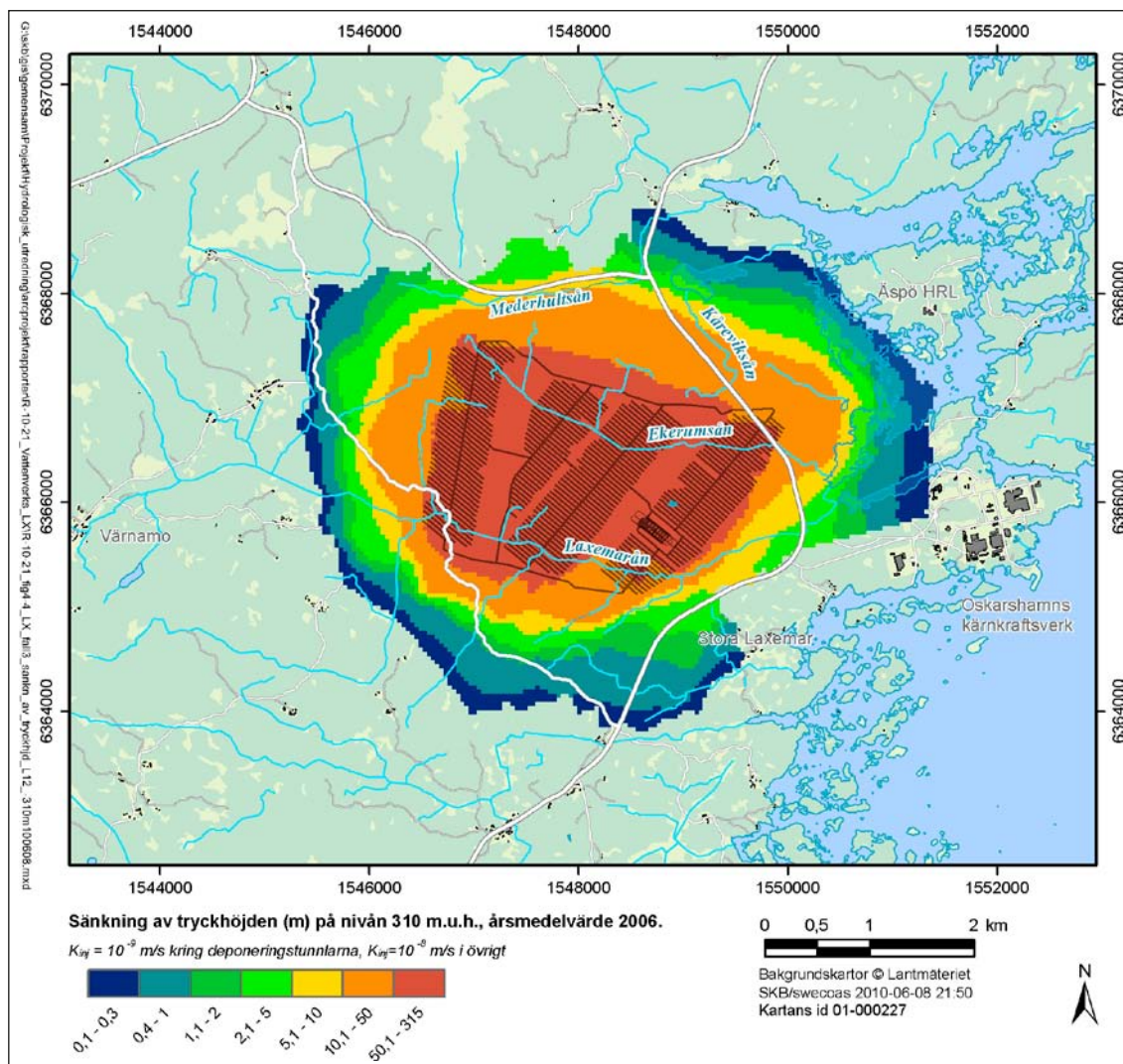
Figurerna 4-2 och 4-3 visar den MIKE SHE-beräknade sänkningen av grundvattnets tryckhöjder i berg på nivåerna -150 m ö h respektive -310 m ö h för tättningsfall (ii) /Mårtensson et al. 2009/. Enligt figurerna har påverkansområdets storlek endast liten variation med djupet. Med en sänkningssgräns på 0,3 m är påverkansområdets storlek på nivån -310 m ö h 18,9 km², vilket är endast 5 % större än dess storlek på nivån -150 m ö h (17,9 km²) trots en skillnad i djupled på hela 160 m. Påverkansområdets ”homogenitet” med djupet beror på att berget är relativt isotropt, det vill säga att det är små skillnader i bergets hydrauliska konduktivitet i olika riktningar.

4.3.2 Avsänkning av grundvattenytan

I detta avsnitt definieras avsänkningen av grundvattenytan som skillnaden mellan grundvattenytans nivå för opåverkade förhållanden (utan förvar) och grundvattenytans nivå för påverkade förhållanden (med förvar).



Figur 4-2. Sänkning (m) av grundvattnets tryckhöjder i berg på nivån -150 m ö h (150 meter under havet, m u h).



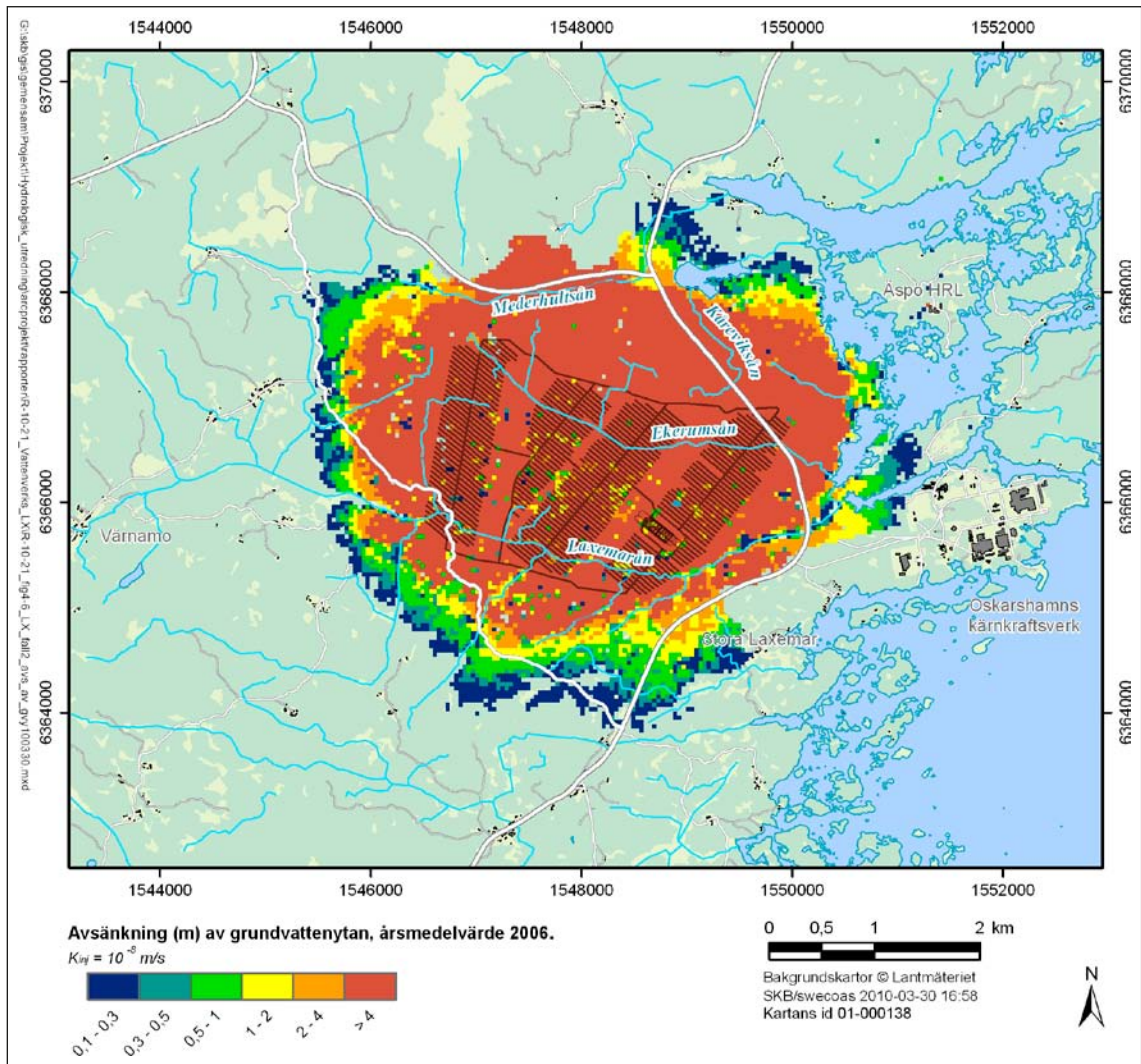
Figur 4-3. Sänkning (m) av grundvattnets tryckhöjder i berg på nivån -310 m ö h.

Inverkan av den injekterade zonen vattengenomsläpplighet

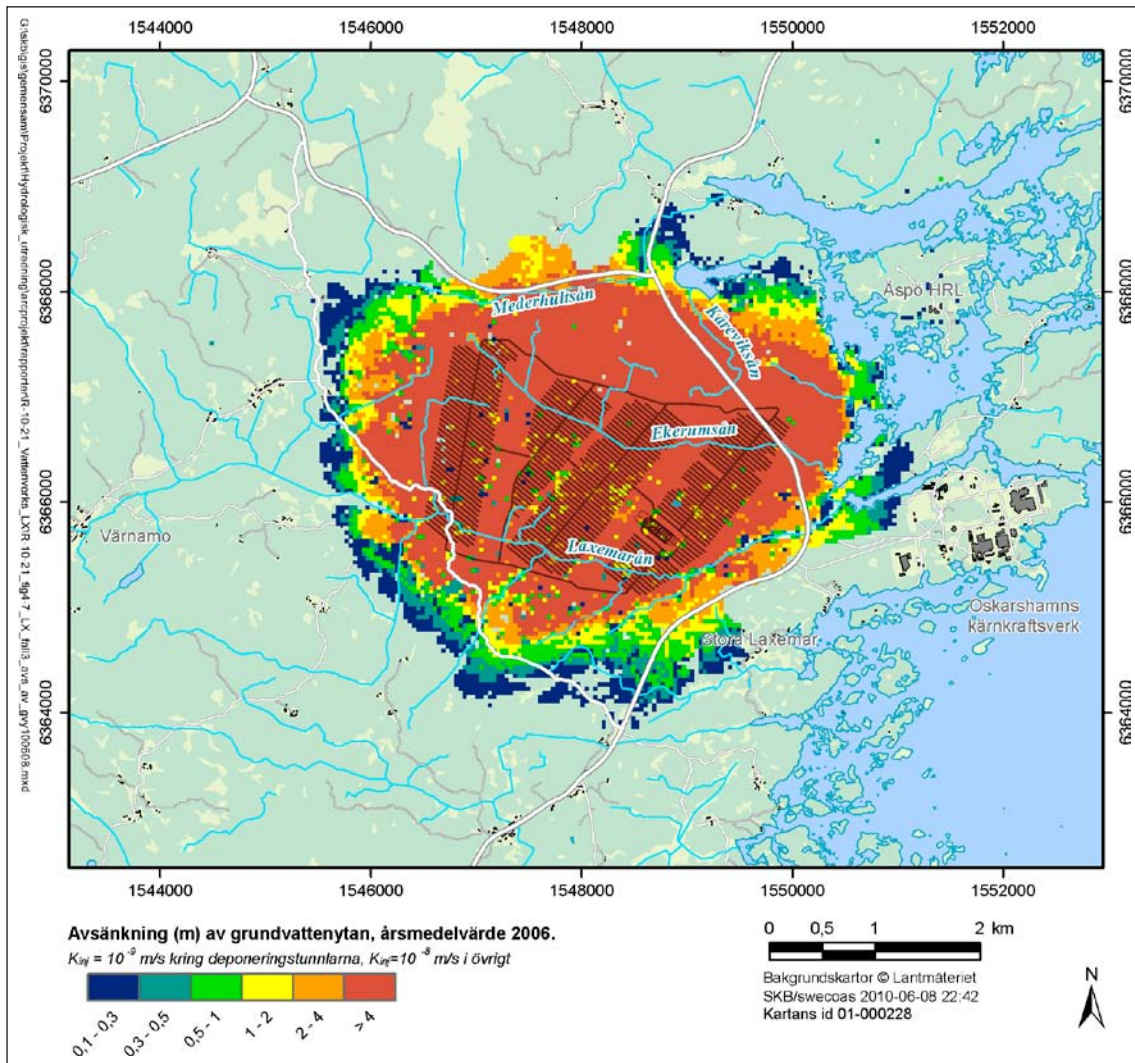
Figurerna 4-4 till 4-6 visar den MIKE SHE-beräknade avsänkning för tättningsfallen (i)–(iii) /Mårtensson et al. 2009/. Tabell 4-3 anger påverkansområdets storlek för dessa tre tättningsfall. Som nämnts tidigare är tättningsfall (ii) utgångspunkt för bedömning av grundvattenbortledningens effekter och konsekvenser. Påverkansområdet är sammanhängande och i stort sett centrerat kring förvaret. Dess storlek är något mindre för lägre värden på K_{inj} kring deponeringstunnlarna. Med en avsänkingsgräns på 0,3 m (påverkansområdet innefattar områden med avsänkning 0,3 m eller mer) är påverkansområdets storlek för tättningsfall (i) cirka 20 % större jämfört med tättningsfall (iii). Skillnaden i storlek är således avsevärt mindre än skillnaden i K_{inj} (två storleksordningar). De små skillnaderna mellan olika tättningsfall tydliggörs i figur 4-7 (notera att påverkansområdet i figur 4-7 avser en avsänkingsgräns på 0,1 m).

Påverkansområdets homogenitet med djupet gäller även grundvattenytans avsänkning. Med en avsänkingsgräns på 0,3 m är påverkansområdets storlek för tättningsfall (ii) (figur 4-5) 15,7 km². Detta är endast 12 % mindre än påverkansområdet för trycksänkningen på nivån -150 m ö h och 17 % mindre än trycksänkningen på nivån -310 m ö h (figurerna 4-2 och 4-3).

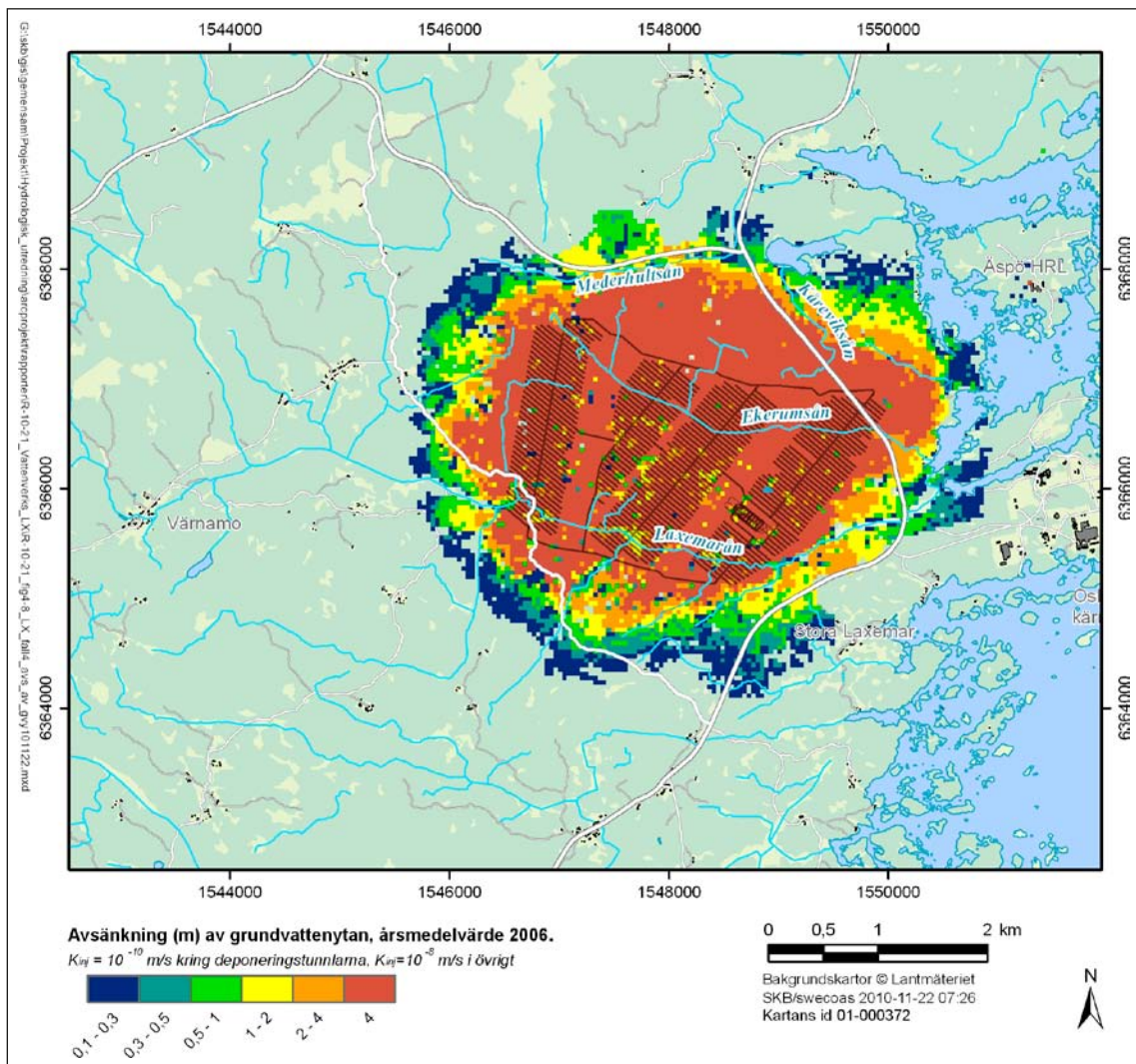
För tättningsfall (ii) visar figurerna 4-8 och 4-9 grundvattenbortledningens effekter på grundvattenytans nivå i området, dels i form av grundvattenytans djup under markytan (m u my), dels grundvattenytans nivå (m ö h). Det är alltså samma MIKE SHE-beräkning som ligger bakom dessa figurer och figur 4-5, enbart sättet att redovisa resultaten skiljer.



Figur 4-4. Avsänkning (m) av grundvattenytan, tätningsfall (i).



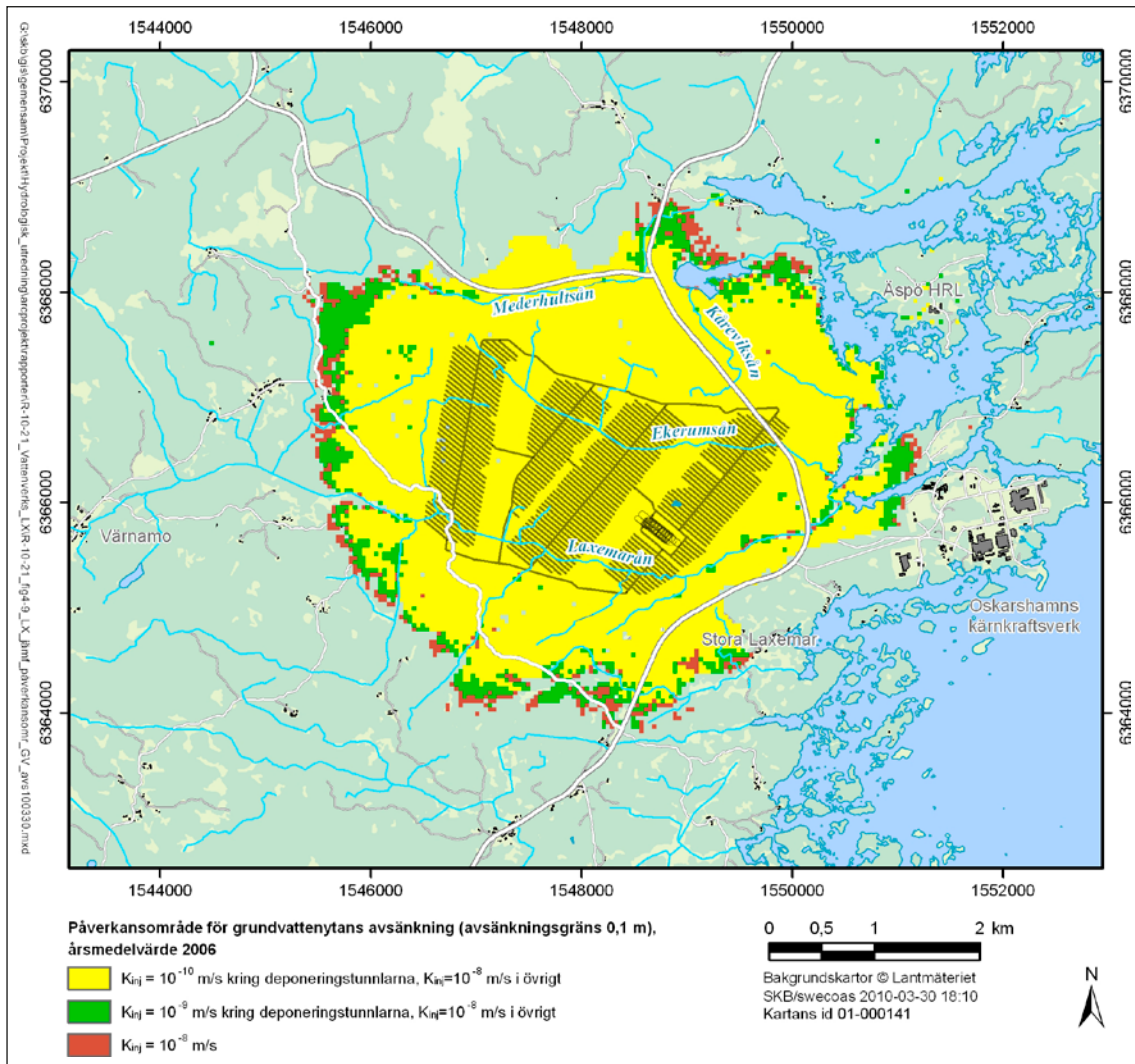
Figur 4-5. Avsänkning (m) av grundvattenytan, tätningsfall (ii).



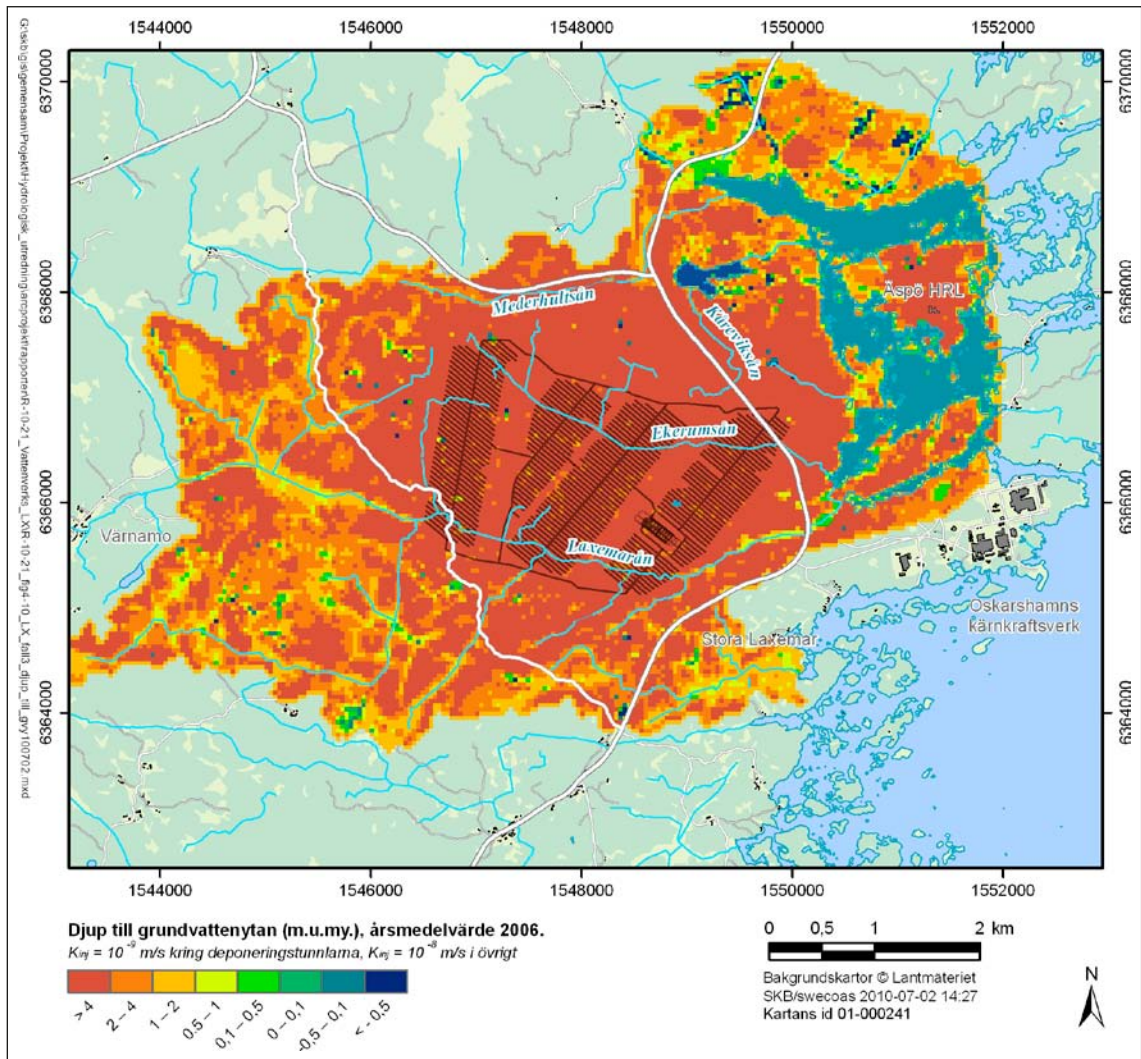
Figur 4-6. Avsänkning av grundvattenytan, tätningsfall (iii).

Tabell 4-3. Påverkansområde (km²) för grundvattenytans avsänkning för ett hypotetiskt fall med hela förvaret öppet samtidigt. Påverkansområdets storlek för en viss avsänkingsgräns avser storleken på det område där avsänkningen överstiger den gränsen.

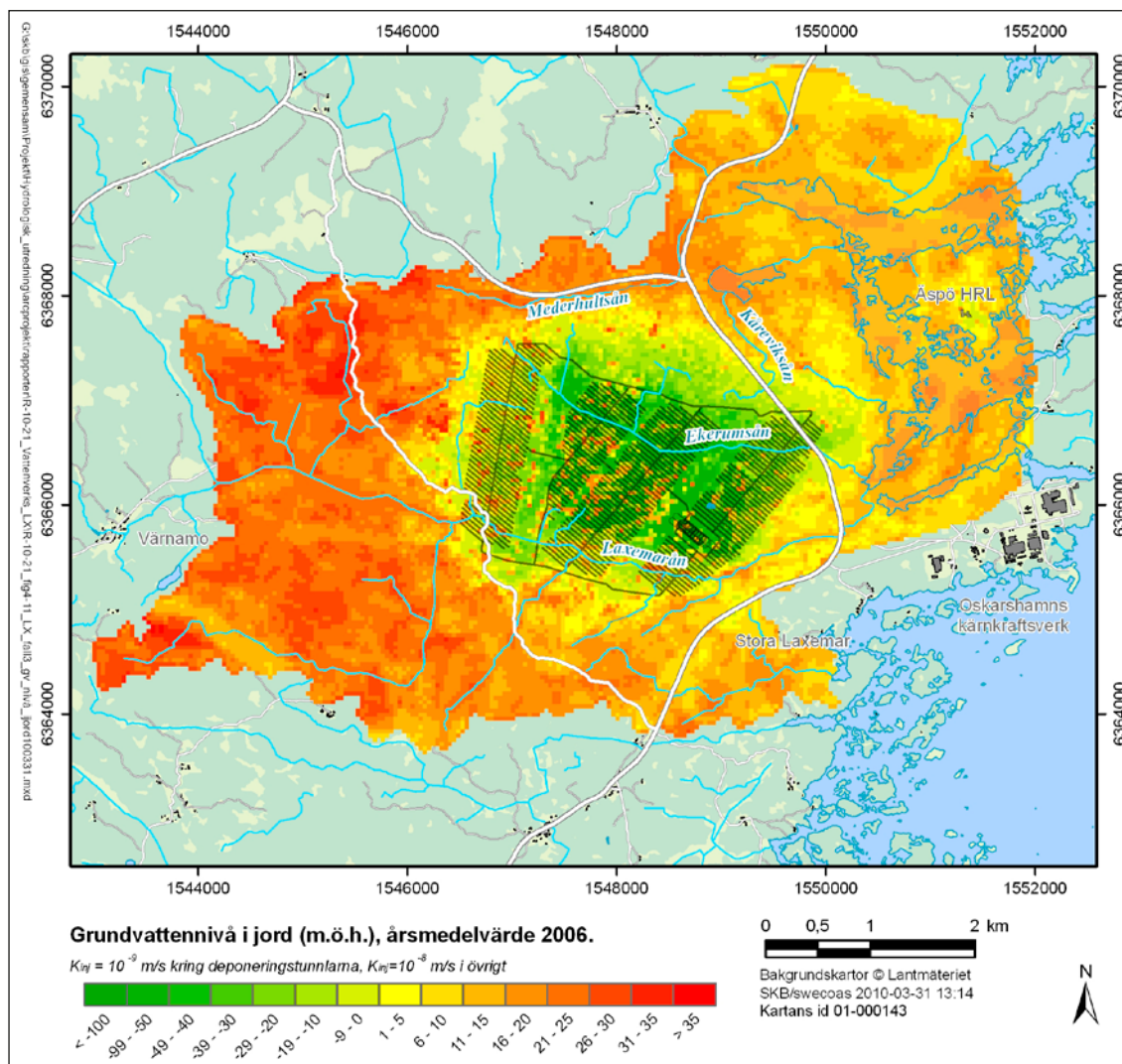
K_{inj} (m/s)	Påverkansområdets storlek (km ²)		
	Avsänkingsgräns 0,1 m	Avsänkingsgräns 0,3 m	Avsänkingsgräns 1 m
Tätningsfall (i): 10^{-8}	18,3	16,7	14,5
Tätningsfall (ii): 10^{-9} kring deponeringstunnlar och 10^{-8} i övrigt	17,5	15,7	13,5
Tätningsfall (iii): 10^{-10} kring deponeringstunnlar och 10^{-8} i övrigt	15,9	13,9	11,6



Figur 4-7. Påverkansområde för grundvattenytans avsänkning, tätningfallen (i) (rött), (ii) (grönt) och (iii) (gult).



Figur 4-8. Grundvattenytans djup (m) under markytan, tätningsfall (ii).



Figur 4-9. Grundvattennivå (m ö h) i jord, tätningsfall (ii).

En jämförelse kan göras mellan figur 4-8 och motsvarande figur för opåverkade förhållanden (figur 3-7). Inom påverkansområdet finns det stora områden som även för opåverkade förhållanden har relativt stort djup till grundvattenytan, främst i höjdområden med ett tunt jordlager. I de mellanliggande dalgångarna, där jordlagrens mäktighet är avsevärt större, är grundvattenytan för opåverkade förhållanden i regel belägen nära eller i markytan. Grundvattenbortledningen skulle innebära att grundvattenytan sänks av någon meter under markytan i delar av dalgångarna. Motsvarande jämförelse mellan figur 4-9 och situationen utan förvar (figur 3-8) visar att avsänkning ger upphov till ett ”lågområde” av grundvattenytan inom påverkansområdet, vilket som nämnts tidigare är centrerat kring förvaret.

Enligt avsnitt 4.2 prognostiserar DarcyTools-modellen ett större inläckage till förvaret jämfört med MIKE SHE-modellen. Specifikt framgår i avsnitt 4.2.2 att det DarcyTools-beräknade inläckaget (50 l/s) är ungefär dubbelt så stort som det som beräknats med MIKE SHE för tätningsfall (ii) och motsvarande utbyggnadssteg 2 (22 l/s), det vill säga där en direkt jämförelse mellan modellerna är möjlig. MIKE SHE-resultaten i tabell 4-3 och i figur 4-7 visar dock att det är relativt liten skillnad (knappt 20 %) på storleken på påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning för tätningsfallen (i) och (iii), även om inläckaget i tätningsfall (i) är cirka 60 % större än i tätningsfall (iii). Detta indikerar att en dubblering av inläckaget inte behöver ge en dubblering av påverkansområdets storlek.

Avsänkningens variationer under året

I Sverige varierar de processer som inverkar på grundvattenflöden och -nivåer kraftigt under året, vilket innebär att till exempel påverkansområdets utsträckning kan variera under året. Detta avsnitt illustrerar sådana inomårsvariationer och redogör för om årsmedelvärden ger ett tillräckligt stöd för en geografisk avgränsning av påverkansområdet. För tätningsfall (ii) redovisar tabell 4-4 månadsmedelvärden på påverkansområdets storlek under typåret 2006 /Mårtensson et al. 2009/. Liksom tidigare definieras avsänkning som skillnaden mellan grundvattenytans nivå för opåverkade och påverkade förhållanden, här baserat på månadsmedelvärden.

Enligt tabellen är påverkansområdet storlek relativt konstant under året, förutom ett par månader (april och december) då storleken är mindre på grund av kraftig nederbörd, snösmältning och/eller liten avdunstning. Med andra ord är grundvattenbortledningens effekt på grundvattenytans nivå mindre under våtperioder. Variationen av påverkansområdets storlek under året är mellan 60 % och lite drygt 100 % av årsmedelvärdet. En avgränsning av påverkansområdet som baseras på årsmedelvärden ger således inte en underskattning av påverkansområdets storlek under någon del av året.

Avsänkning av grundvattenytan under slutförvarsanläggningens olika utbyggnadssteg

Figureerna 4-10 och 4-11 visar MIKE SHE-beräknad avsänkning av grundvattenytan under uppförandeskedet respektive utbyggnadssteg 2 /Mårtensson et al. 2009/. Resultaten avser tätningsfall (ii). Enligt tabell 4-5 skulle påverkansområdet under utbyggnadssteg 2 bli dubbelt så stort som under uppförandeskedet. Vidare är den modellberäknade storleken på påverkansområdet under utbyggnadssteg 2 knappt hälften av påverkansområdet för det hypotetiska fallet med ett helt öppet förvar.

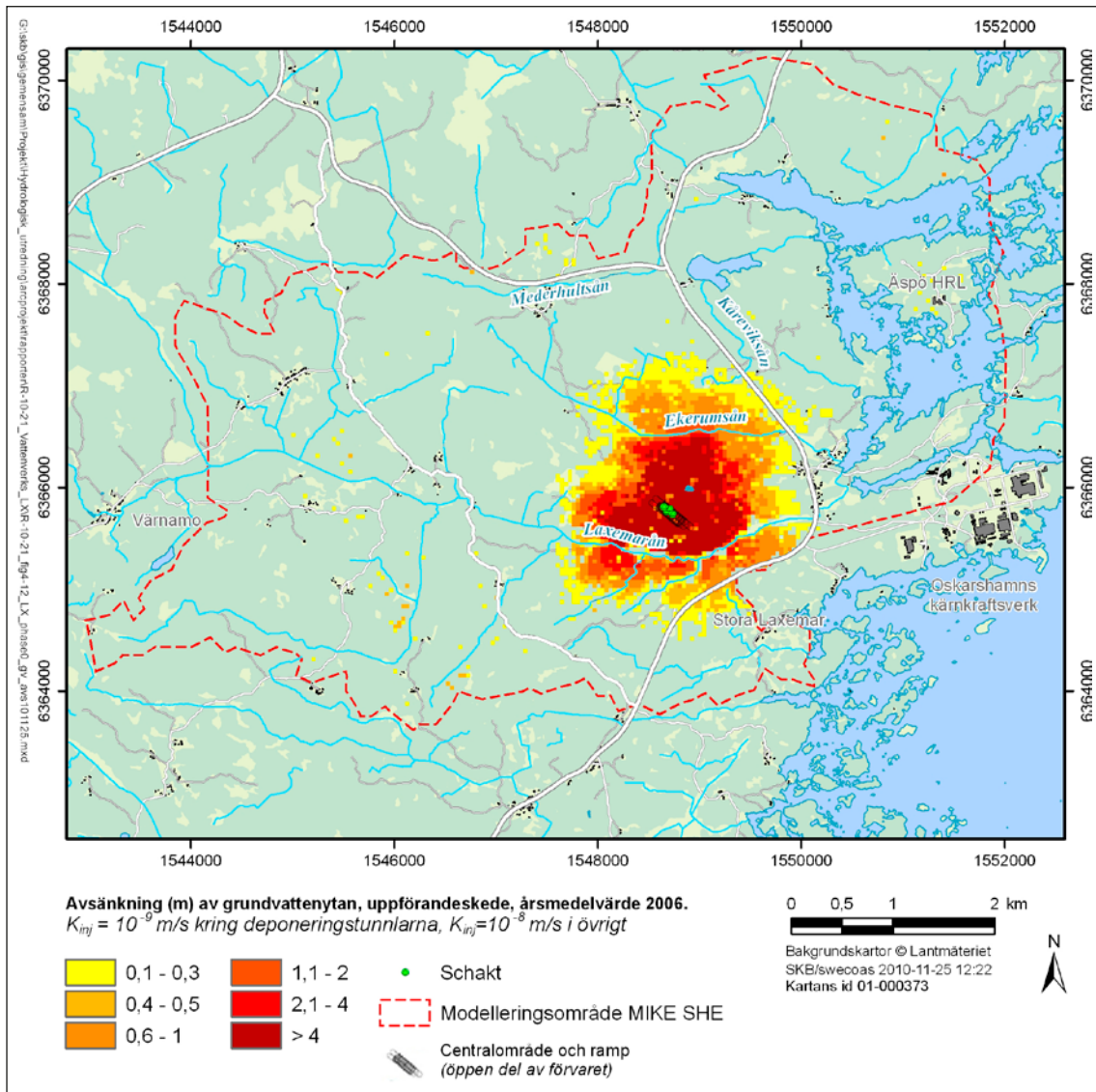
Baserat på ovanstående är bedömningen att påverkansområdets storlek under uppförande- och driftskedena skulle bli mindre än vad som påvisas av fallet med ett helt öppet förvar. Resultaten indikerar vidare att påverkansområdets geografiska utsträckning skulle vara en ”spegling” av de delar av förvaret som vid en viss tidpunkt är öppna. Vad gäller grundvattenytans avsänkning är därför slutsatsen att antagandet att hela förvaret är öppet samtidigt ger en överskattning av påverkansområdets storlek.

Påverkansområdets utveckling över tid

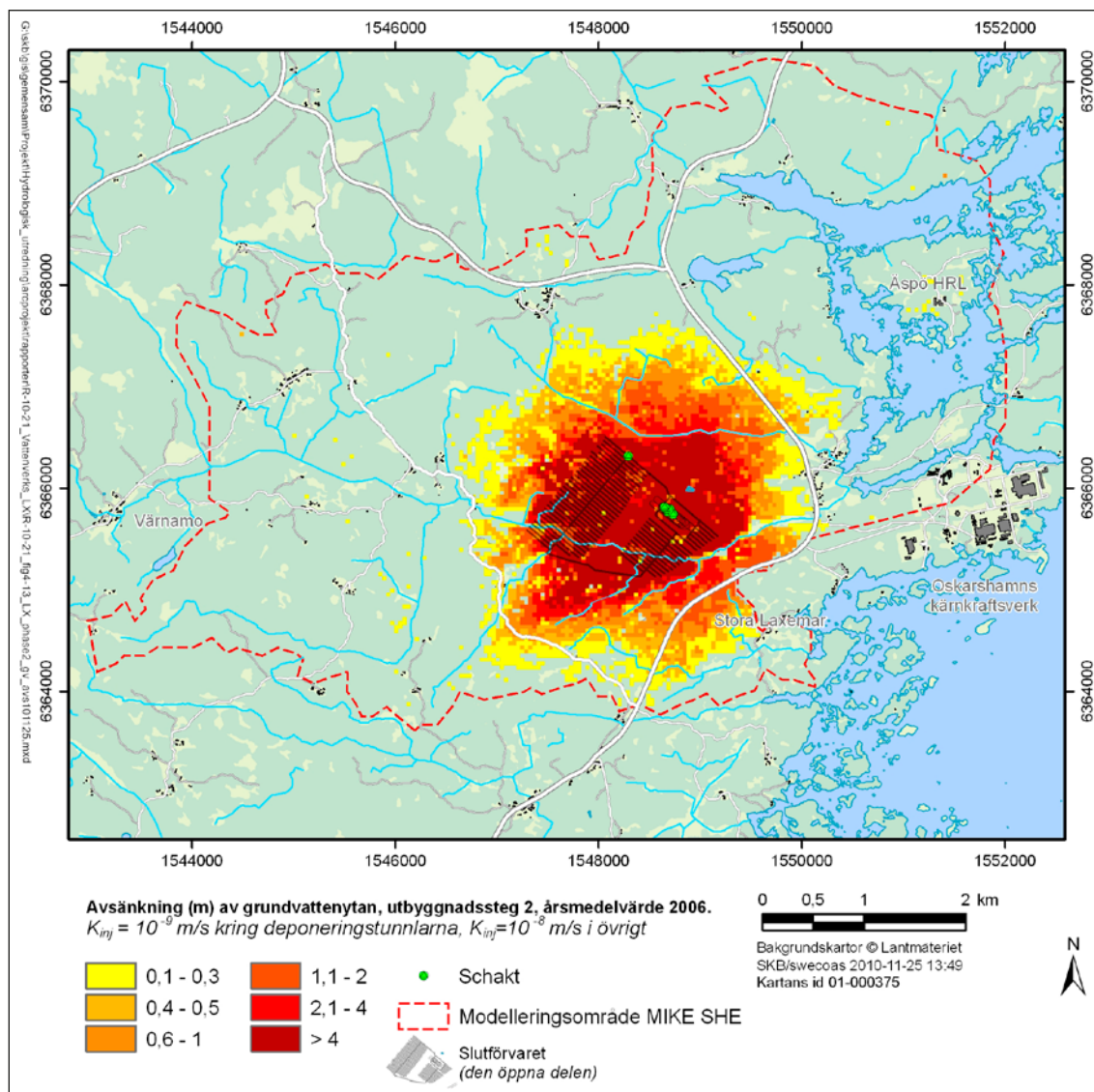
De ovan nämnda MIKE SHE-beräkningarna baseras på lokalt uppmätta meteorologiska data och havsnivådata från perioden 2004–2006, där de redovisade beräkningsresultaten som tidigare nämnts avser typåret 2006. Det kan vara befogat att undersöka om de redovisade prognoserna är realistiska i den meningen att påverkansområdet eventuellt inte helt har ställt in sig efter tre år. /Mårtensson et al. 2009/ undersökte detta genom MIKE SHE-beräkningar för en längre tidsperiod på nio år, där perioden 2004–2006 upprepades två gånger efter den första simuleringsperioden. Beräkningarna gjordes för tätningsfall (ii).

Tabell 4-4. Påverkansområde (km²) för grundvattenytans avsänkning baserat på månadsmedelvärden, tätningsfall (ii).

Månad	Max. grundvattenavsänkning (m)	Avsänkingsgräns 0,1 m	Avsänkingsgräns 0,3 m	Avsänkingsgräns 1 m
Jan.	538	18,0	15,9	13,5
Feb.	536	17,9	15,5	13,1
Mar.	462	16,6	14,9	12,8
Apr.	215	10,8	9,0	7,3
Maj	214	15,6	13,6	11,3
Jun.	210	16,4	14,6	12,3
Jul.	232	16,8	15,1	12,9
Aug.	538	17,2	15,5	13,3
Sep.	538	17,5	16,0	13,8
Okt.	538	18,0	16,3	14,2
Nov.	536	18,0	16,2	13,9
Dec.	536	13,7	12,0	10,1
Årsmedelvärde, 2006	370	17,5	15,7	13,5



Figur 4-10. Avsänkning (m) av grundvattenytan under uppförandeskedet, tätningsfall (ii). Kartan visar bara den del av förvaret som är öppen under uppförandeskedet.



Figur 4-11. Avsänkning (m) av grundvattenytan under utbyggnadssteg 2, tätningsfall (ii). Kartan visar bara den del av förvaret som är öppen under utbyggnadssteg 2.

Tabell 4-5. Påverkansområde (km²) för grundvattenytans avsänkning under uppförandeskedet och utbyggnadssteg 2. Som jämförelse redovisas även det hypotetiska fallet med ett helt öppet förvar. Modellberäkningarna avser tätningsfall (ii).

Utbyggnadssteg	Avsänkingsgräns 0,1 m	Avsänkingsgräns 0,3 m	Avsänkingsgräns 1 m
Uppförandeskede	4,5	3,1	1,7
Utbyggnadssteg 2	8,8	6,6	4,2
Helt öppet förvar	17,5	15,7	13,5

Resultaten visar att storleken på påverkansområdet blir cirka 10 % större för en simuleringsperiod på nio år jämfört med en period på tre år. Avsänkning av grundvattenytan har således inte ställt in sig efter tre års simuleringsperiod och sannolikt heller inte efter nio år. Storleksökningen för en längre simuleringsperiod är dock relativt liten och man kan därför dra slutsatsen att MIKE SHE-beräkningarna kan begränsas till en tidsperiod på tre år och ändå anses användbara för bedömning av effekter och konsekvenser.

4.3.3 Erfarenheter från andra undermarksanläggningar i berg

En sammanställning av dokumenterad grundvattenavsänkning vid andra undermarksanläggningar i berg presenteras i /Werner et al. 2010/.

4.4 Effekter på grundvattnets salthalt

/Svensson och Rhén 2011/ använde DarcyTools-modellen för att studera grundvattenbortledningens effekter på grundvattnets saltinnehåll. Enligt modellresultaten orsakar bortledningen både en nedträngning av grundvatten från områden i berget ovan förvarnsnivån, och en viss uppträngning av saltare grundvatten från berget under förvarnsnivån. Enligt modellberäkningarna skulle dock grundvattenbortledningen inte ge några effekter på grundvattnets saltinnehåll på de förhållandevis begränsade djup som är aktuella för bergborrade enskilda brunnar.

4.5 Vattenmättnad och återhämtning efter förslutning av slutförvaret

Avvecklingskedet skulle bland annat innebära att slutförvarsanläggningen försluts och att länshållningen upphör. /Mårtensson et al. 2009/ använde MIKE SHE-modellen för att bedöma hur lång tid det skulle ta för grundvattenytan att återhämta sig efter det att inläckaget till förvaret upphört. Detta gjordes genom att ta bort slutförvarsanläggningen från MIKE SHE-modellen och därefter starta beräkningen av återhämtningsförloppet, baserat på meteorologiska data och havsnivådata för åren 2004–2006.

I beräkningarna är påverkansområdets storlek halverad efter ungefär två år och reducerat till en femtedel tre år efter det att inläckaget upphört. Resultaten indikerar således att grundvattenytan skulle återgå till opåverkade förhållanden inom loppet av några år. Det ska dock noteras att beräkningarna är förenklade och bland annat inte tar hänsyn till mättnadsprocessen i förvaret. Denna mättnadsprocess studeras i detalj i DarcyTools-modelleringen /Svensson och Rhén 2011/.

4.6 Grundvattenbortledningens hydrologiska effekter

4.6.1 Effekter på Frisksjöns vattennivå

MIKE SHE-modellen har använts för att bedöma grundvattenbortledningens effekter på vattennivån i Frisksjön, den enda större sjön inom modellområdet /Mårtensson et al. 2009/. Enligt beräkningarna skulle årsmedelvärdet av Frisksjöns vattennivå sänkas med 0,05–0,1 m beroende på tätningsfall. Den beräknade vattennivån för påverkade förhållanden följer i stort vattennivån för opåverkade förhållanden under hela typåret 2006. Den största sänkningen under året är 0,1–0,2 m.

4.6.2 Effekter på bäckarnas vattenföring

MIKE SHE-modellen /Mårtensson et al. 2009/ har använts för att bedöma grundvattenbortledningens effekter på bäckvattenföringen i fyra punkter inom modellområdet (se figur 3-2):

- Kåreviksån vid inflödet till Frisksjön (motsvarande läget för vattenföringsstationen PSM000347).
- Kåreviksån vid utflödet från Frisksjön (motsvarande läget för vattenföringsstationen PSM000348).
- Laxemarån (motsvarande läget för vattenföringsstationen PSM000364).
- Ekerumsån (motsvarande motsvarande läget för vattenföringsstationen PSM000365).

Enligt tabell 4-6 skulle grundvattenbortledningen ge upphov till en reduktion av vattenföringen i alla de studerade bäckarna. Den relativa minskningen skulle bli störst för Ekerumsån och för Kåreviksån vid inflödet till Frisksjön (nästan en halvering). Reduktionen av vattenföringen är mindre i Kåreviksån nedströms Frisksjön (20–35 %) och i Laxemarån (6–8 %). Det ska dock noteras att modellområdets västra gräns korsar Laxemarån. Vid denna punkt har ett inflöde ansatts i modellen, och detta inflöde är lika stort för opåverkade och påverkade förhållanden. Detta kan innebära att modellen i viss mån underskattar effekterna på vattenföringen i Laxemarån.

Tabell 4-6. Modellberäknad ackumulerad bäckvattenföring (i % av fallet utan förvar) för olika tätningsfall. Beräkningarna med förvar avser det hypotetiska fallet med hela förvaret öppet samtidigt.

K_{inj} (m/s)	Kåreviksån, uppströms Frisksjön	Kåreviksån, nedströms Frisksjön	Laxemarån	Ekerumsån
Tätningsfall (i): 10^{-8}	56	66	92	52
Tätningsfall (ii): 10^{-9} kring deponeringstunnlar och 10^{-8} i övrigt	57	70	93	52
Tätningsfall (iii): 10^{-10} kring deponeringstunnlar och 10^{-8} i övrigt	61	80	94	52

4.6.3 Effekter på områdets vattenbalans

Tabell 4-7 redovisar den MIKE SHE-beräknade vattenbalansen för typåret 2006 för olika tätningsfall /Mårtensson et al. 2009/, avseende landdelarna av MIKE SHE-modellens modellområde. Enligt tabellen ger inläckaget till förvaret främst effekter på landområdets vattenbalans i termer av en minskad avrinning till bäckarna (jämför avsnitt 4.6.2). Den totala avrinningen (till bäckar och till havet) är 155 mm/år för det opåverkade fallet och exempelvis 112 mm/år för tätningsfall (ii), vilket motsvarar en minskning med knappt 30 %. I detta fall motsvarar inläckaget till förvaret 73 mm/år vilket ”kompenseras” av en minskad avrinning på 43 mm/år och en minskning av evapotranspirationen med 10 mm/år. Resterande del kan hänföras till förändringar av lagringstermerna, bland annat på grund av att grundvattenytan sänks av. Inläckaget motsvarar alltså 45 % av avrinningen från landområdena för opåverkade förhållanden och 65 % för påverkade förhållanden.

Tabell 4-8 redovisar vattenbalansen för påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning för tätningsfall (i). För tätningsfall (ii) minskar avrinningen från påverkansområdet med 90 mm/år, vilket är en dubbelt så stor förändring jämfört med hela landområdena. För påverkade förhållanden ökar enligt beräkningsresultaten det vertikala grundvattenflödet från jord till berg med 63, 56 respektive 45 l/s inom hela modellområdet för tätningsfall (i), (ii) respektive (iii), vilket motsvarar 70–80 % av det totala inläckaget till förvaret /Mårtensson et al. 2009/. Inom landområdena är ökningen av det vertikala flödet 57, 52 respektive 43 l/s, varav 48, 46 och 39 l/s är inom påverkansområdet. Ökningen av det vertikala flödet inom landområdena utgör alltså 90–95 % av den totala ökningen, och ökningen inom påverkansområdet utgör 85–90 % av ökningen inom landområdena.

Modellresultaten indikerar alltså att den största delen av inläckaget till förvaret motsvaras av en ökad grundvattenbildning till berget inom landområdena, och att den största delen av ökningen inom landområdena sker inom påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning. Endast ungefär en tjugondel av inläckaget motsvaras av en ökad grundvattenbildning under havet. Observera att det som avses är ökningen av grundvattenbildningen, inte att allt bildat grundvatten läcker in till förvaret.

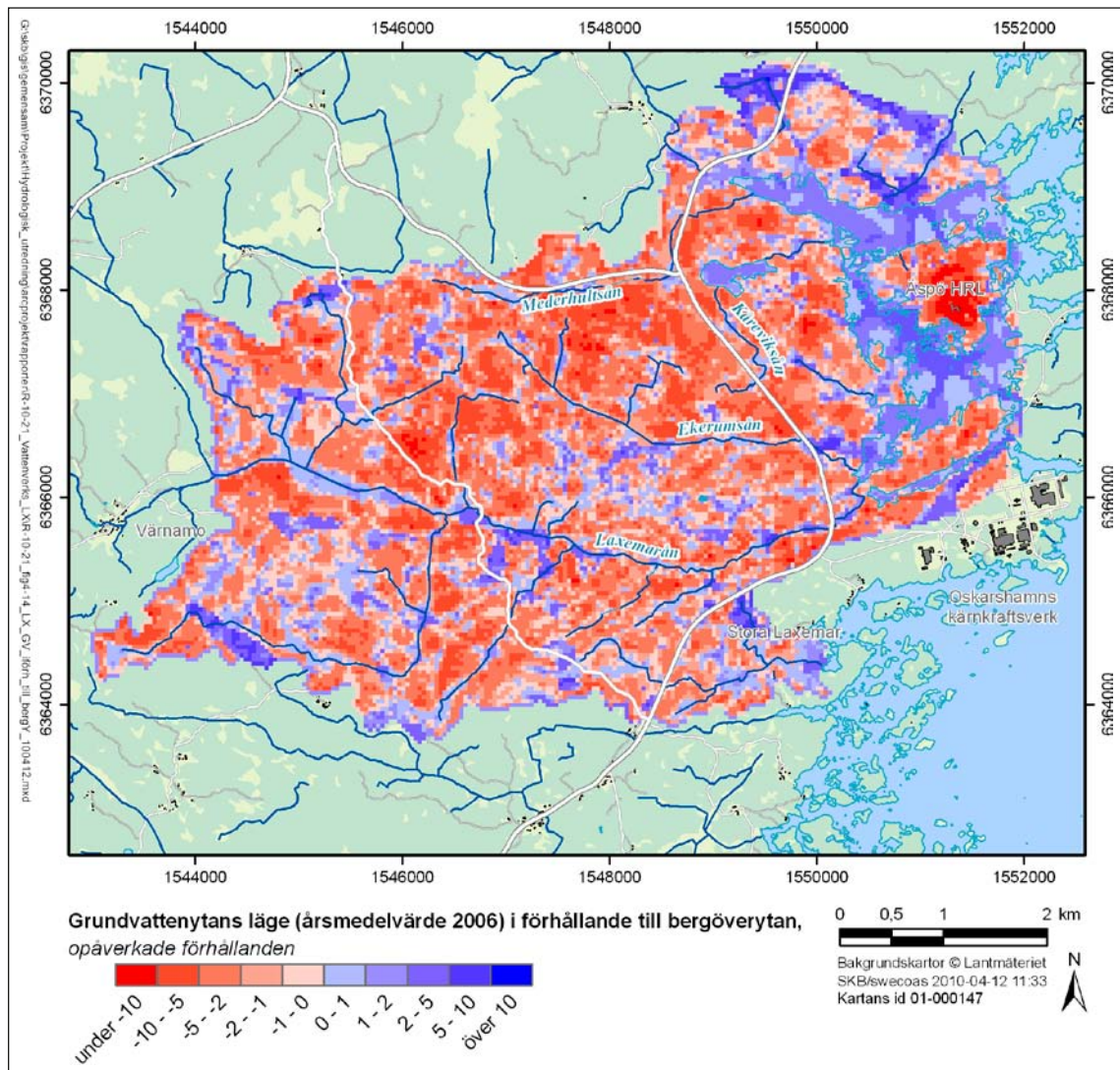
Det kan förväntas att en avsänkning av grundvattenytan inom stora landområden leder till en ansevärd minskning av evapotranspirationen, vilket dock inte är fallet (tabellerna 4-7 och 4-8). Som nämnts tidigare består en stor del av Laxemarområdet av höjdområden med tunna eller inga jordlager. Dessa områden karaktäriseras av ett stort djup till grundvattenytan, medan grundvattenytan är belägen närmare markytan i de mellanliggande lågområdena. Figur 4-12 visar grundvattenytans MIKE SHE-beräknade nivå i förhållande till bergöverytan för opåverkade förhållanden /Mårtensson et al. 2009, Nyman et al. 2008/. Enligt figuren är grundvattenytan belägen i berget (röda områden) och inte i jordlagren i stora delar av området. Figur 4-13 visar den MIKE SHE-beräknade avsänkningen av grundvattenytan (tätningsfall (ii)) specifikt i de områden som är blå i figur 4-12. Vidare visar figur 4-14 de områden (rödmarkerade) där grundvattenytan avsänks under bergöverytan. Den totala ytan för dessa områden är liten i förhållande till hela påverkansområdets yta, vilket förklarar grundvattenbortledningens begränsade effekt på evapotranspirationen, både inom hela landområdet och inom påverkansområdet.

Tabell 4-7. Modellberäknad vattenbalans (mm/år) för opåverkade och påverkade förhållanden, för olika tätningsfall. Resultaten avser länddelarna av MIKE SHE-modellens modellområde.

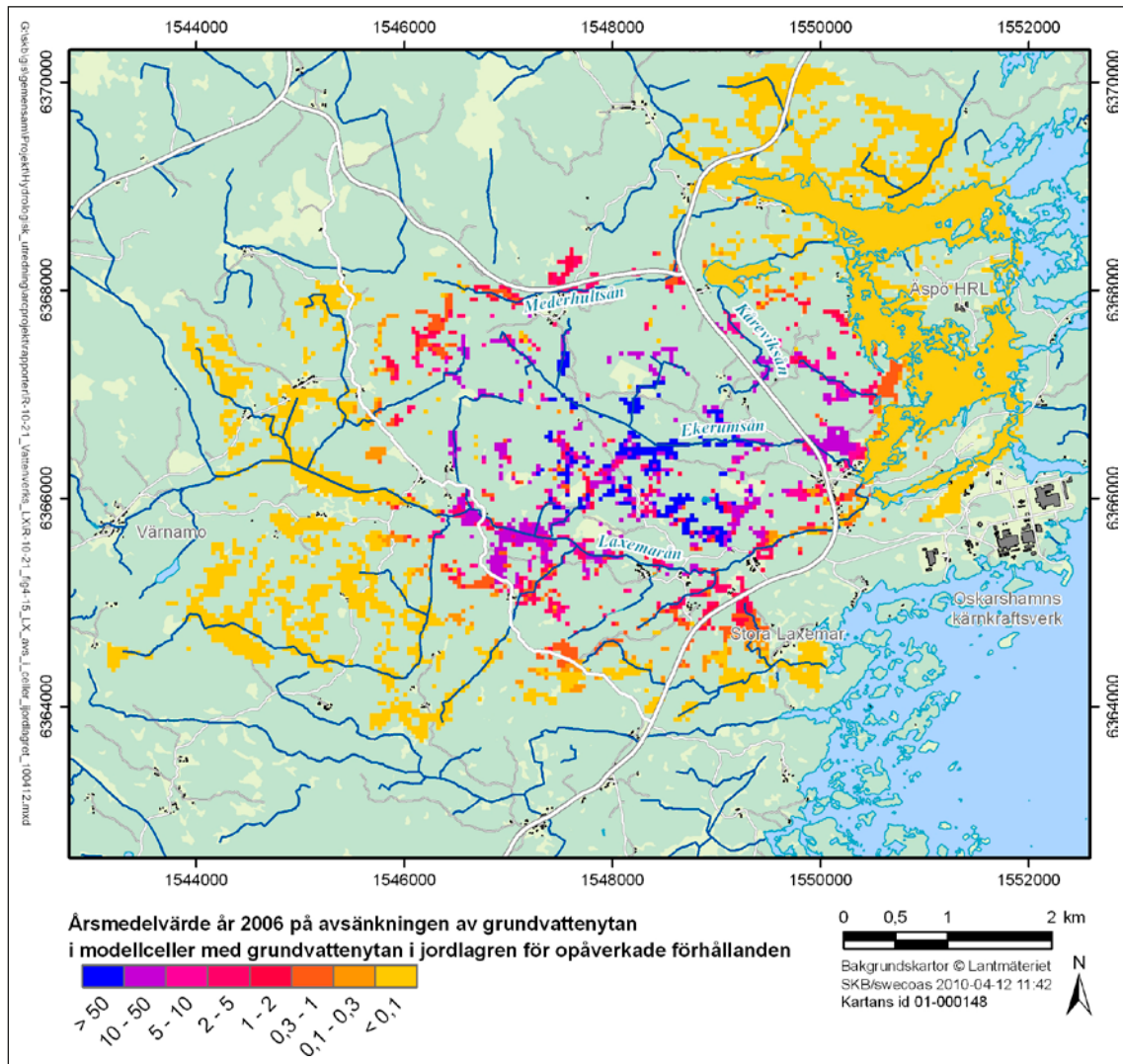
K_{inj} (m/s)	Evapotranspiration	Avrinning (till bäckar och hav)	Till ramp, tunnelsystem och schakt	Till Äspölaboratoriet
Utan förvar	398	155	–	8
Tätningsfall (i): 10^{-8}	388	105	86	8
Tätningsfall (ii): 10^{-9} kring deponeringstunnlar och 10^{-8} i övrigt	388	112	73	8
Tätningsfall (iii): 10^{-10} kring deponeringstunnlar och 10^{-8} i övrigt	390	122	54	8

Tabell 4-8. Modellberäknad vattenbalans (mm/år) för opåverkade och påverkade förhållanden, för olika tätningsfall. Resultaten avser områden med ett årsmedelvärde på avsänkningen som är större än 0,3 m för tätningsfall (i).

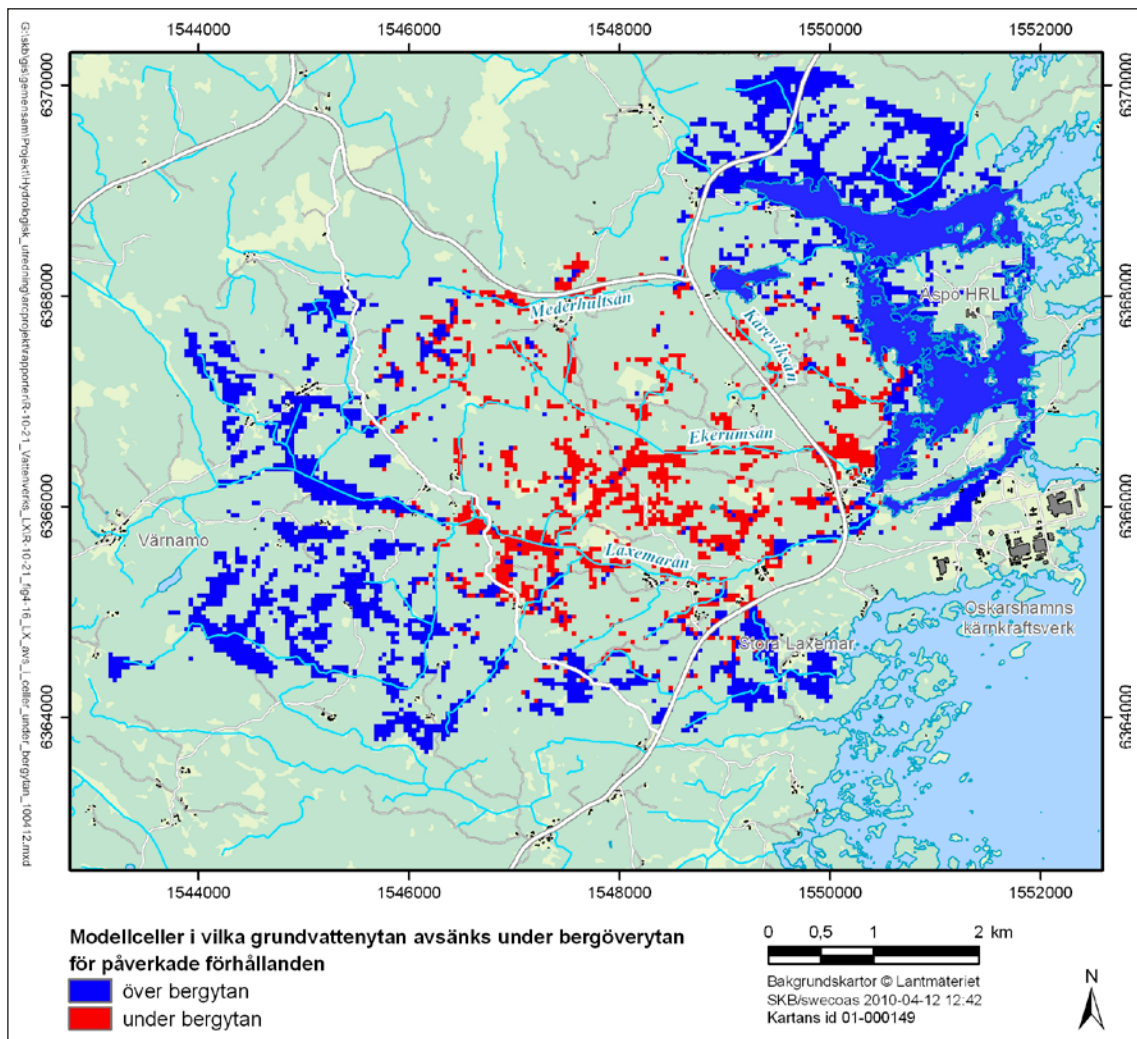
K_{inj} (m/s)	Evapotranspiration	Avrinning (till bäckar och hav)	Till ramp, tunnelsystem och schakt	Till Äspölaboratoriet
Utan förvar	395	165	–	0
Tätningsfall (i): 10^{-8}	384	62	159	0
Tätningsfall (ii): Deponeringstunnlar: 10^{-9} (i övrigt 10^{-8})	384	75	135	0
Tätningsfall (iii): Deponeringstunnlar: 10^{-10} (i övrigt 10^{-8})	386	95	100	0



Figur 4-12. Grundvattenytans nivå (m) för opåverkade förhållanden (tättningsfall (ii)) i förhållande till bergöverytan.



Figur 4-13. Avsänkning av grundvattenytan (tätningsfall (ii)) i områden med en grundvattenyta i jordlagren för opåverkade förhållanden.



Figur 4-14. Områden där grundvattenytan avsänks under bergöverytan (röda områden) för tätningsfall (ii).

4.7 Känslighetsanalyser

I nedanstående avsnitt redovisas inverkan av ett urval faktorer på inläckaget av grundvatten, sänkningen av grundvattnets tryckhöjder i berg och avsänkningen av grundvattenytan. Motsvarande analyser för den valda platsen Forsmark inkluderar bland annat även inverkan av hårdgjorda ytor inom det planerade driftområdet ovan mark samt kumulativa effekter med grundvattenbortledning från ett utbyggt SFR (slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall) /Werner et al. 2010/.

4.7.1 Inverkan av hydrogeologiska egenskaper och randvillkor

/Mårtensson et al. 2009/ undersökte MIKE SHE-resultatens känslighet för bergets och jordlagrens hydrogeologiska egenskaper och de ansatta randvillkoren, det vill säga de villkor som styr interaktionen mellan modellvolymen och dess omgivning. Modellberäkningarna gjordes för tätningsfall (ii) där följande faktorer undersöktes:

- Den horisontella (K_h) och den vertikala (K_v) hydrauliska konduktiviteten i den del av modellvolymen som representerar berget; K_h och K_v reducerades till 1/10 av sina ursprungsvärden (dels separat, dels samtidigt).
- K_h och K_v i berget under nivån -150 m ö h; både K_h och K_v ökades med en faktor tre relativt sina ursprungsvärden.

- Den hydrauliska konduktiviteten i jord ovan deformationszonerna längs de större dalgångarna. Specifikt reducerades den hydrauliska konduktiviteten till 1/100 av sitt ursprungsvärde i de jordlager som representerar postglacial lera och glacial lera. I ett fall ökades även lerlagrens mäktighet.
- Två diabasgångar (lineament i berget med förekomst av mineralet diabas) som vid platsundersökningen observerats i den västra delen av förvarsområdet. I MIKE SHE-modellen har diabasgångarna låg vattengenomsläpplighet i öst-västlig riktning och hög i nord-sydlig riktning.
- Inverkan av att i modellen ta bort havssedimenten och ersätta dessa med morän.
- Inverkan av givna grundvattennivåer i berget längs modellområdets gränser. I grundfallet innebär randvillkoren att det inte kan ske något in- eller utflöde genom modellens ytterkanter på land.

De viktigaste slutsatserna av känslighetsanalyserna kan sammanfattas som följer:

• ***Inläckaget och påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning:***

Bergets hydrauliska konduktivitet (i synnerhet K_v) är den faktor som har störst inverkan på det modellberäknade inläckaget till förvaret. Då K_v minskas till 1/10 av sina ursprungsvärden reduceras inläckaget med drygt 60 %, medan motsvarande minskning med $K_h/10$ är knappt 40 %. Då bergets hydrauliska konduktivitet ökas med en faktor tre under nivån -150 m ö h ökar inläckaget med 75 %. Övriga undersökta faktorer har relativt liten inverkan på inläckaget. Diabasgångarna har störst inverkan på horisontella grundvattenflöden och har därför endast marginell betydelse för inläckaget (jämför inverkan av K_h). Tätare och mäktigare lerlager minskar grundvattenbildningen längs dalgångarna. Inverkan på inläckaget begränsas dock av att dalgångarna endast omfattar en liten andel av påverkansområdet. På motsvarande sätt ökar grundvattenbildningen under havet i fallet utan havssediment, men med liten inverkan på inläckaget eftersom bidraget till det totala inläckaget till förvaret är litet. Notera att i detta känslighetsfall ersattes även ytnära berg med morän i områden med berg i dagen (Emma Bosson, SKB, pers. komm. 2010). Grundvattenflöden från modellområdets gränser ger också endast små bidrag till det totala inläckaget, varför randvillkoren har liten betydelse i sammanhanget.

Bergets hydrauliska konduktivitet (i synnerhet K_h) är den faktor som har störst inverkan på den modellberäknade avsänkningen av grundvattenytan. I fallet $K_h/10$ minskar påverkansområdets storlek med 40 %, vilket de facto motsvarar minskningen av inläckaget (se ovan). Då bergets hydrauliska konduktivitet ökas med en faktor tre under nivån -150 m ö h är ökningen 15 %. Diabasgångarna ger en minskning av påverkansområdets storlek med endast 4 %. Även lerlagrens vattengenomsläpplighet och mäktighet, havssedimenten och randvillkoren har relativt liten inverkan på avsänkningen, med skillnader gentemot grundfallet på 10–15 %.

• ***Vattennivån i Frisksjön och vattenföringen i Laxemarån:***

De undersökta faktorerna har ingen större betydelse för grundvattenbortledningens effekter på Frisksjöns vattennivå och vattenföringen i Laxemarån. Ett undantag är fallet med en ökning av bergets hydrauliska konduktivitet med en faktor tre under nivån -150 m ö h. I detta fall är sänkningen av vattennivåns årsmedelvärde 0,1 m större jämfört med grundfallet. Vidare ger fallet utan havssediment en dubbelt så stor minskning av vattenföringen i Laxemarån jämfört med grundfallet. Som nämnts tidigare ersattes i detta fall även ytnära berg med morän i områden med berg i dagen.

Sammanfattningsvis har bergets hydrauliska konduktivitet genomgående störst inverkan på prognoserna av grundvattenbortledningens effekter. Med avseende på inläckaget är ett värsta fall en ökning av både K_h och K_v med en faktor tre under nivån -150 m ö h, vilket ger en ökning av inläckaget med 75 %. Även vad gäller påverkansområdets storlek är detta ett värsta fall, dock med en storleksökning på endast cirka 15 %. Lerlagrens vattengenomsläpplighet och mäktighet har motsvarande betydelse för påverkansområdets storlek. De nämnda känslighetsfallen har motsvarande passning mot uppmätta ytvattennivåer, -flöden och grundvattennivåer i jord och berg för opåverkade förhållanden som grundfallet.

4.7.2 Inverkan av meteorologiska förhållanden

Ovannämnda MIKE SHE-resultat baseras på meteorologiska data från tre specifika år. Detta kan förstås betraktas som en begränsning, även om exempelvis nederbörden under typåret 2006 för området som helhet var nära det skattade långtidsmedelvärdet och därför kan ses som representativt för området. Under den långa tid som förvaret skulle vara i drift kan det förekomma perioder då de meteorologiska förhållandena avviker från de normala. /Mårtensson et al. 2009/ redovisar MIKE SHE-beräkningar (tätningsfall (ii)) för ett statistiskt normalår med avseende på nederbörden samt för torr- respektive våtår med återkomsttider på hundra år. Beräkningarna utfördes med sekvenser med tre på varandra följande normalår, samt två normalår som följs av två på varandra följande torrår respektive våtår. Resultaten jämfördes med motsvarande resultat för typåret 2006 och på sådant sätt att grundvattenbortledningens effekter kan särskiljas från nederbördens inverkan.

Nederbördsstatistiken som definierar normal-, torr- och våtåren avser referensnormalperioden 1961–1990. För normalåret användes lokalt uppmätt nederbörd från perioden augusti 2004–juli 2005. Under denna period var den ackumulerade nederbörden 619 mm vid Plittorp och 552 mm på Äspö. Den uppmätta nederbörden för denna period var nära långtidsmedelvärdet för referensnormalperioden på 629 mm/år respektive 553 mm/år /Werner et al. 2008/. Med en återkomsttid på hundra år har torråret en ackumulerad nederbörd på 420 mm vid Plittorp och 365 mm på Äspö. Med samma återkomsttid har våtåret en ackumulerad nederbörd på 1 017 mm respektive 900 mm.

Inläckaget av grundvatten

MIKE SHE-beräkningarna visar att nederbördens variationer har relativt liten inverkan på det totala inläckaget av grundvatten till förvaret. Inläckaget är endast någon procent mindre under ett torrår och någon procent större under ett våtår, jämfört med normalåret och typåret 2006. Som framgår av avsnitt 4.2.1 representerar inläckaget på förvaringsnivå cirka 90 % av det totala inläckaget. Den begränsade inverkan av nederbördens variationer på det totala inläckaget beror på att den hydrauliska gradienten mellan grundvattenyta och förvaringsnivå endast påverkas marginellt av sådana variationer.

Påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning

Enligt beräkningarna har nederbördens variationer stor inverkan på grundvattenytans nivå i området för opåverkade förhållanden. Vidare visar beräkningarna för påverkade förhållanden att påverkansområdets storlek (skillnaden mellan grundvattenytans nivå för opåverkade och påverkade förhållanden) ökar under torrår och minskar under våtår. Med en avsänkingsgräns på 0,3 m är påverkansområdets storlek 10 % respektive nästan 20 % mindre under det första respektive andra våtåret jämfört med normalåret. För det första respektive andra torråret är motsvarande skillnad jämfört med normalåret 10 % respektive drygt 25 %. Det ska dock noteras att det är låg sannolikhet för en direkt två-årsföljd med extrema våt- respektive torrår.

Vattennivån i Frisksjön

Beräkningarna visar att variationer i nederbörd inte har någon större betydelse för grundvattenbortledningens effekter på Frisksjöns vattennivå. Undantaget är det andra torråret. Under detta år är årsmedelvärdet av Frisksjöns vattennivå drygt 0,3 m lägre jämfört med normalåret, vilket beror på att grundvattenytans låga nivå ger en minskad grundvattenutströmning i sjöns avrinningsområde.

Vattenföring och vattennivåer i Laxemarån

MIKE SHE-beräkningarna visar att extrema våt- och torrår har betydligt större inverkan på vattenföringen och vattennivån i Laxemarån än grundvattenbortledningen. Som ett exempel är medelvattenföringen under ett torrår mindre än hälften av medelvattenföringen under ett normalår, medan medelvattenföringen mer än fördubblas under ett våtår. Skillnaderna i vattenföring mellan opåverkade och påverkade förhållanden är dock små. Grundvattenbortledningens effekter är även små med avseende på vattennivån i Laxemarån.

4.8 Effekter på mark- och vattenkemiska förhållanden

Det är främst i torv- och gyttejordar med höga halter organiskt material (kol och kväve) och sulfid-mineral som de mark- och vattenkemiska förhållandena ändras vid en avsänkning av grundvattenytan /Werner et al. 2010/. Torv och gytta finns i 8 % respektive 3 % av landdelen av Laxemarområdet /Sohlenius och Hedenström 2008/. En stor del av torvmarkerna är belägna i höjdområden. Vidare har som nämnts tidigare den omfattande utdikningen medfört att torven i många av de lägre belägna våtmarkerna redan i dagsläget är helt eller delvis oxiderad och kompakterad. Bedömningen är därför att grundvattenbortledningen endast skulle ge upphov till små och lokala effekter på de mark- och vattenkemiska förhållandena.

5 Beskrivning av grundvattenbortledningens konsekvenser

Detta kapitel beskriver grundvattenbortledningens konsekvenser. Beskrivningen är uppdelad på följande typer av konsekvenser:

- Konsekvenser för naturvärden (avsnitt 5.1).
- Konsekvenser för produktionsmark (avsnitt 5.2).
- Konsekvenser för befintlig vattenhantering och vattenverksamhet (avsnitt 5.3).
- Konsekvenser för byggnader och infrastruktur (avsnitt 5.4).

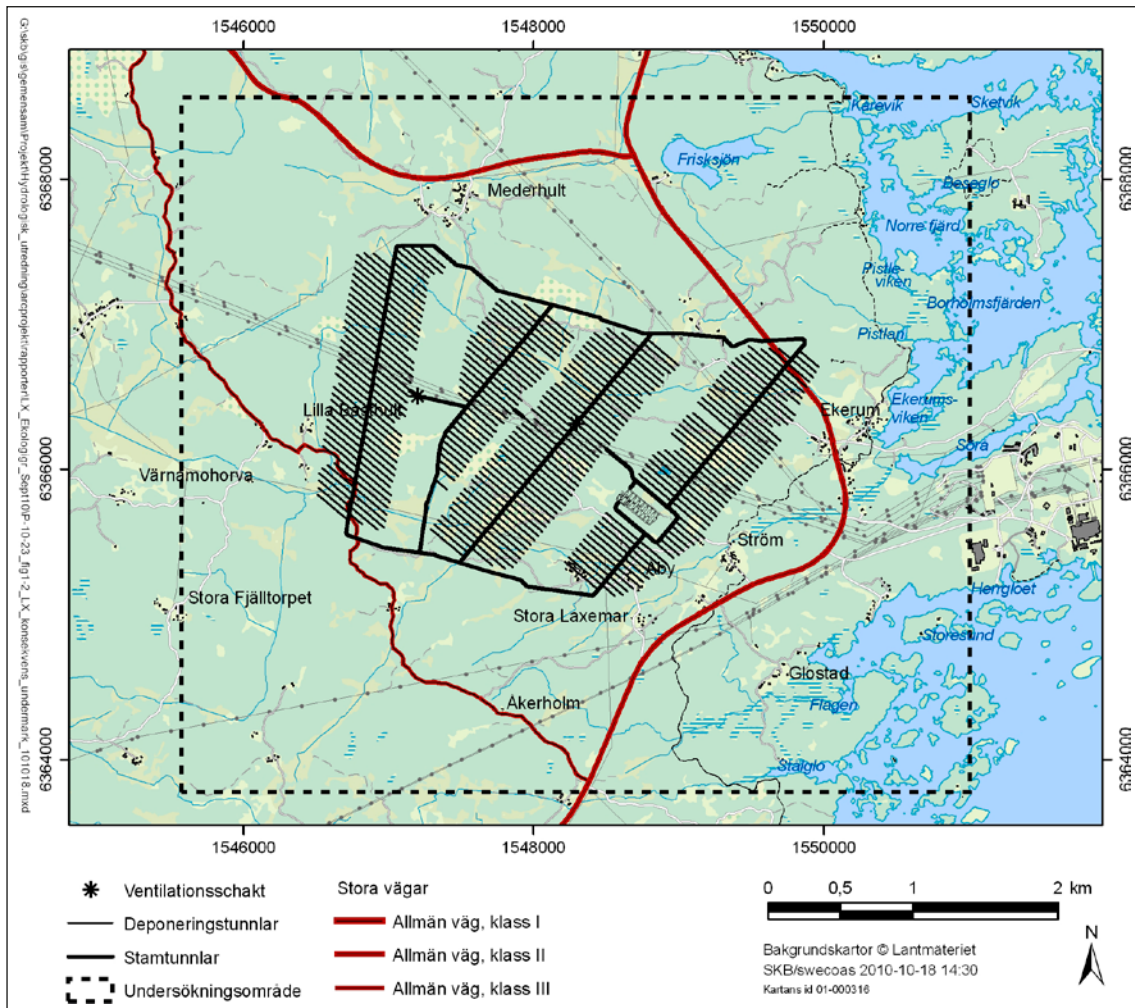
Metoder, arbetsgång och bedömningsgrunder är förstås olika för olika typer av konsekvenser; ovanstående lista innefattar flera typer av objekt, miljöer och tillhörande intressen (allmänna respektive enskilda). I avsnitten 5.1–5.4 beskrivs de konsekvensspecifika metoderna, arbetsgången och de bedömningsgrunder som tillämpats. Den generella metodiken presenteras i /Werner et al. 2010/. Enligt denna metodik utgör prognoser av grundvattenbortledningens hydrogeologiska och hydrologiska effekter (kapitel 4) en viktig utgångspunkt för konsekvensbeskrivningarna. Specifikt avses då prognostiserad förändring av de hydrogeologiska och hydrologiska förhållandena vid de geografiska lägena för olika typer av ”påverkansobjekt”.

Konsekvensbeskrivningen i detta kapitel utgår från MIKE SHE-resultat för tätningsfall (ii), det vill säga $K_{inj} = 10^{-9}$ m/s kring deponeringstunnlarna och $K_{inj} = 10^{-8}$ m/s i övrigt /Mårtensson et al. 2009/. Med avseende på vattengenomsläpligheten i den injekterade zonen är detta som nämnts tidigare ett rimligt basfall för bedömning av grundvattenbortledningens effekter och konsekvenser. Vidare utgår konsekvensbeskrivningen från ett hypotetiskt beräkningsfall med ett helt öppet förvar. Detta innebär att beskrivningen baseras på ett konservativt beräkningsfall som överskattar grundvattenbortledningens hydrogeologiska och hydrologiska effekter.

De respektive avsnitten inleds med en konsekvensspecifik genomgång av prognostiserade effekter på de hydrogeologiska och hydrologiska förhållandena. Olika parametrar är då relevanta, beroende på vilken typ av objekt som konsekvensbeskrivningen avser. Ytterligare faktorer som ligger till grund för konsekvensbedömningarna är objektens känslighet och värde. Känslighet kan i detta sammanhang beskrivas som hur ett objekts funktion och/eller egenskaper förändras vid en viss förändring av de hydrogeologiska och/eller hydrologiska förhållandena. Vad gäller ett objekts värde, så innebär en stor hydrogeologisk eller hydrologisk förändring för ett objekt med ett litet värde en mindre konsekvens, jämfört med en lika stor effekt för ett objekt med ett stort värde, givet att de två objekternas känslighet är lika.

5.1 Konsekvenser för naturvärden

/Hamrén och Collinder 2010/ redovisar metodik och resultat avseende ekologiska fältinventeringar och tillhörande klassning av naturvärden i Laxemar, med inriktning på sådana naturobjekt och naturvärden för vilka negativa konsekvenser kan uppstå till följd av grundvattenbortledningen. Som nämnts tidigare (avsnitt 3.4), fokuserar naturvärdesklassningen på sådana naturmiljöer som är känsliga för förändringar av de hydrogeologiska och/eller hydrologiska förhållandena. Beskrivningar av konsekvenser för naturvärden (naturobjekt och enskilda arter) presenteras i detalj av /Hamrén et al. 2010/. Figur 5-1 visar det område som undersöktes av /Hamrén och Collinder 2010/. Det kan noteras att området sammanfaller ungefär med det prognostiserade påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning (se avsnitt 4.3.2).



Figur 5-1. Översiktskarta som visar avgränsningen för det område som undersökts av /Hamrén och Collinder 2010/. Kartan visar även utformningen på slutförvarsanläggningens undermarksdel.

I nedanstående avsnitt sammanfattas beskrivningarna av grundvattenbortledningens konsekvenser för naturvärden i Laxemarområdet. Dessa innefattar följande:

- Ekologiska konsekvenser på landskapsnivå (5.1.2).
- Konsekvenser för sjöar och bäckar (5.1.3).
- Konsekvenser för våtmarksobjekt (5.1.4).
- Konsekvenser för skogsobjekt (5.1.5). Observera att konsekvenser för skogens bonitet (dess virkesproducerande förmåga) behandlas i avsnitt 5.2.1.
- Konsekvenser för rödlistade arter, fridlysta arter samt arter upptagna i artskyddsförordningen (avsnitt 5.1.6).
- Konsekvenser för utpekade värdefulla och skyddade områden (avsnitt 5.1.7).

5.1.1 Metodik och underlag

Den tillämpade metodiken för konsekvensbeskrivning av naturvärden beskrivs i /Hamrén och Collinder 2010/ och sammanfattas i /Werner et al. 2010/. Enligt denna metodik ingår klassning av naturvärden och känslighet. Klassningen av naturvärden i Laxemarområdet följer en fyrgradig skala, enligt en metodik som utarbetats av Naturvårdsverket:

- Klass 1, nationellt värde. Notera att denna klass inte ska sammanblandas med utpekade riksintressen för naturvård enligt miljöbalken.
- Klass 2, regionalt värde.
- Klass 3, kommunalt värde.
- Klass 4, lokalt värde. Detta är en extra klass som inte ingår i Naturvårdsverkets metodik.

Klassningen av naturobjektens känslighet för en avsänkning av grundvattenytan följer en tregradig skala:

- Klass 1, känsligt. Till denna klass hör kärr, sumpskogar, våtmarker, vattendrag och skogspartier i utströmningsområden.
- Klass 2, potentiellt något känsligt. Till denna klass hör framförallt frisk ädellövskog.
- Klass 3, inte känsligt. Till denna klass räknas framförallt torra naturtyper.

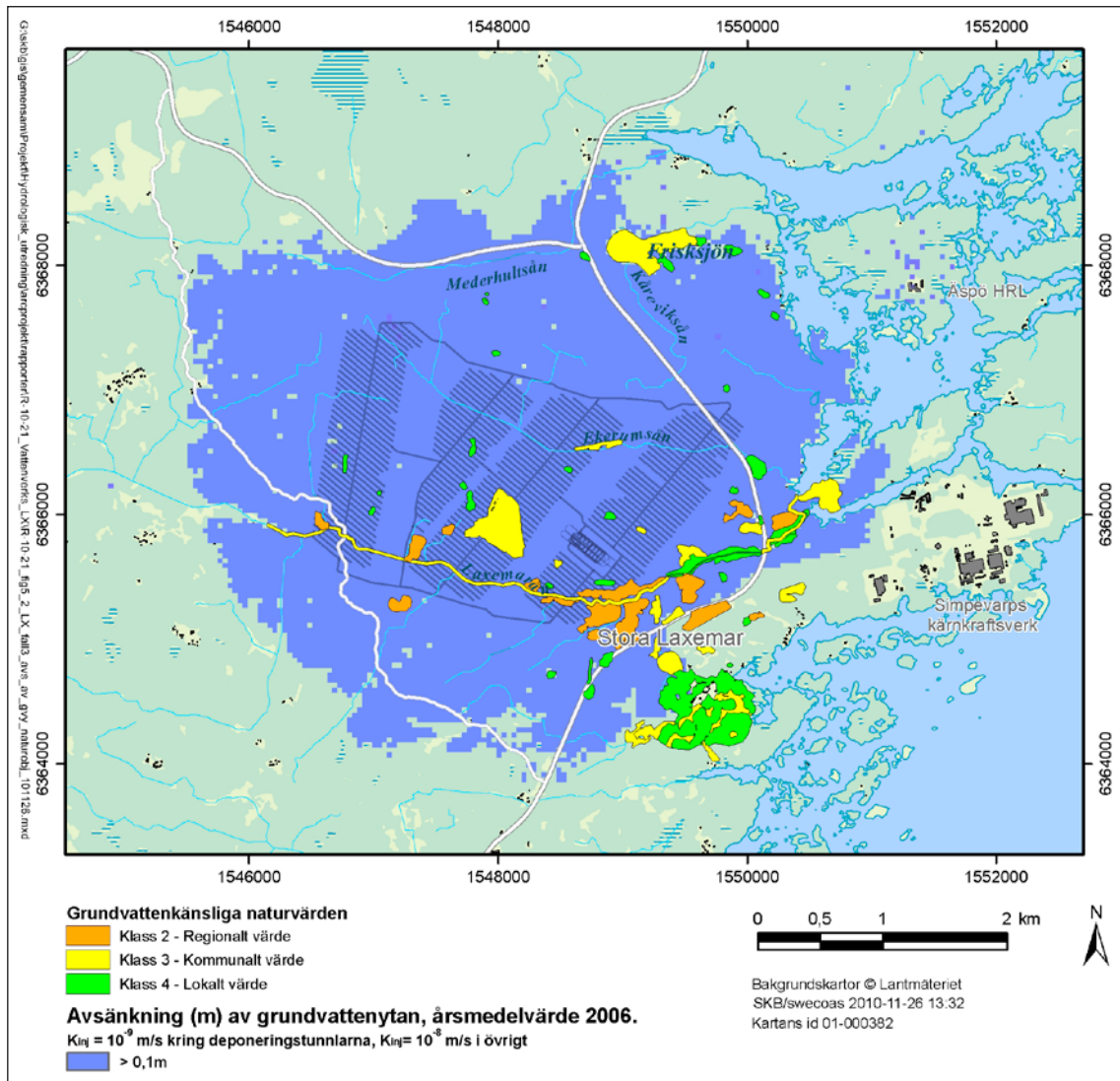
I enlighet med ett flertal liknande projekt, använde /Hamrén och Collinder 2010/ en femgradig skala för klassning av ekologiska konsekvenser:

- Klass 1, mycket stora konsekvenser. Denna konsekvensklass innebär utsläckande av något av de naturvärden som utgör värdegrunden för ett naturobjekt med nationellt värde (se ovan) eller för ett riksintresse för naturvården.
- Klass 2, stora konsekvenser. Exempel på denna konsekvensklass är betydande förändringar av ett naturobjekt av regionalt värde, eller tydliga förändringar av värden som utgör värdegrunden för ett naturobjekt med nationellt värde eller motsvarande värdeklass, såsom utplånande av skyddsvärd art eller biotop.
- Klass 3, märkbara konsekvenser. Exempel på denna konsekvensklass är utsläckande av naturvärde för ett naturobjekt av kommunalt värde, eller utsläckande av delar av naturvärdena för ett naturobjekt med regionalt värde.
- Klass 4, små konsekvenser. Exempel på denna konsekvensklass är utsläckande av naturvärden för naturobjekt med lokalt värde, eller begränsade förändringar av naturvärdena i naturobjekt med kommunalt värde.
- Klass 5, obetydliga konsekvenser. Exempel på denna konsekvensklass är mycket små eller marginella förändringar av naturvärdena i ett naturobjekt.

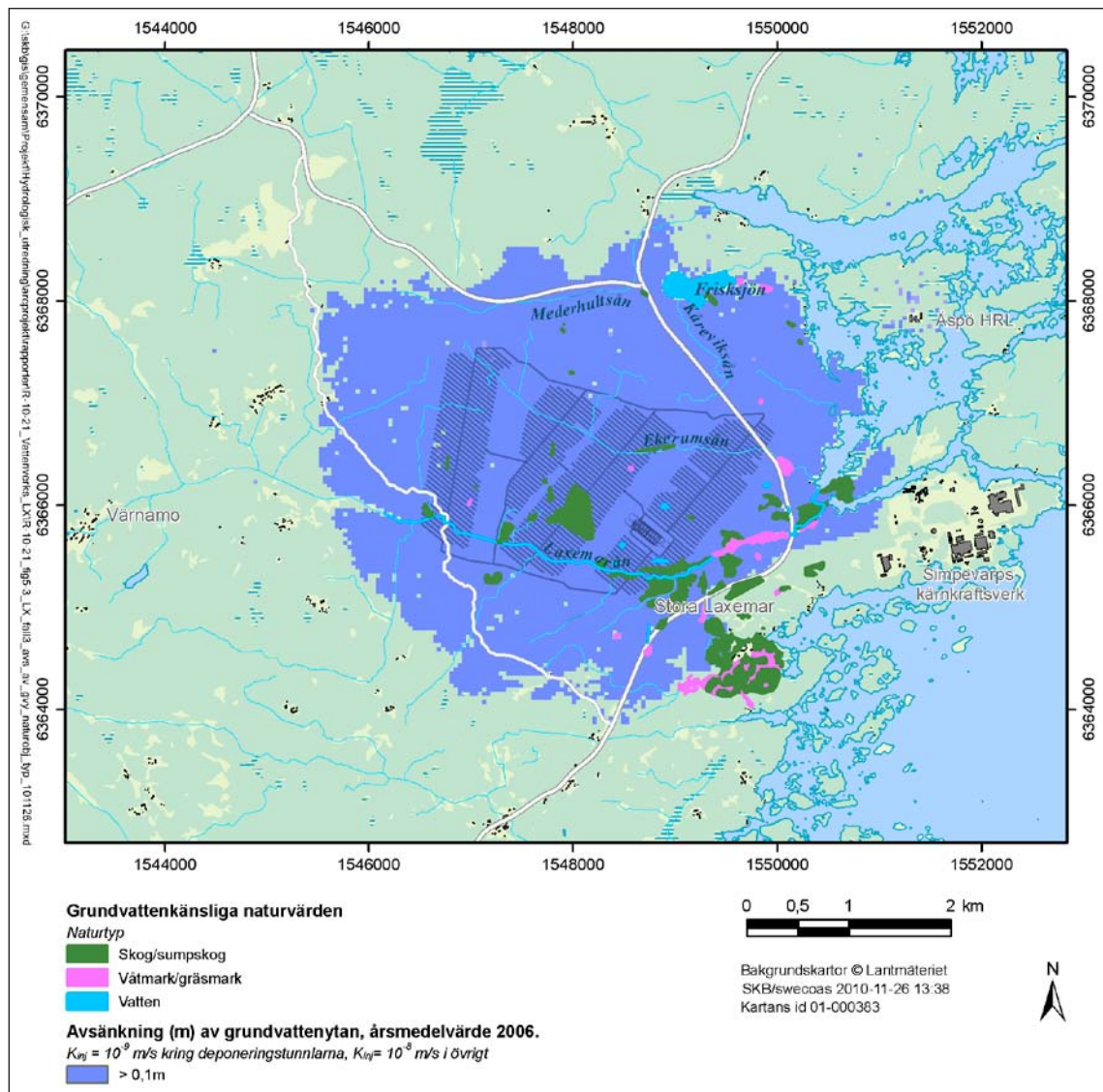
Figurena 5-2 och 5-3 visar naturobjektens geografiska lägen i förhållande till det MIKE SHE-beräknade påverkansområdet (jämför med figur 4-5 i avsnitt 4.3.2) för grundvattenytans avsänkning (blåfärgade områden) för tätningsfall (ii) och det hypotetiska fallet med ett helt öppet förvar /Mårtensson et al. 2009/. I kartorna är påverkansområdet definierat så att avsänkningens årsmedelvärde är 0,1 m vid påverkansområdets gräns. Enligt figurena är samtliga naturobjekt utom tio stycken vid kusten belägna inom påverkansområdet.

5.1.2 Ekologiska konsekvenser på landskapsnivå

För många arter behövs ett nätverk av lämpliga miljöer för att de på sikt ska kunna fortleva. Inom undersökningsområdet finns det så kallade ekologiska spridningssamband för lövskog, främst åt söder. För våtmarksmiljöer, sumpskogar och andra grundvattenberoende miljöer är dock spridningssambanden svaga på grund av att landskapet till stora delar är utdikad. Baserat på ovanstående bedöms grundvattenbortledningen inte medföra några negativa konsekvenser för områdets spridningssamband och därmed inga ekologiska konsekvenser på landskapsnivå.



Figur 5-2. Påverkansområde för grundvattenytans avsänkning samt naturobjekt, uppdelade på naturvärden. Avsänkningen är beräknad med MIKE SHE för tätningsfall (ii).



Figur 5-3. Påverkansområde samt naturobjekt uppdelade på naturtyper.

5.1.3 Konsekvenser för sjöar och bäckar

Enligt modellberäkningarna i avsnitten 4.6.1–2 skulle grundvattenbortledningen ge upphov till en marginell sänkning av vattennivån i Frisksjön. Ur ekologisk synpunkt skulle sänkningen endast medföra små konsekvenser för sjön /Hamrén et al. 2010/. Enligt modellberäkningarna skulle vattenföringen minska med 5–10 % i Laxemarån, vilket är den enda bäcken med några speciella naturvärden. Bedömningen är att de ekologiska konsekvenserna av en minskad vattenföring i Laxemarån skulle bli märkbara.

5.1.4 Konsekvenser för våtmarksobjekt

Av de 16 våtmarksobjekt som identifierats i det undersökta området är tolv stycken belägna inom det prognostiserade påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning. Av dessa tolv är bedömningen att grundvattenbortledningen skulle medföra obetydliga konsekvenser för sex stycken objekt och små konsekvenser för sex stycken objekt. Denna bedömning grundar sig på att de flesta våtmarksobjekten har små naturvärden (lokalt värde, klass 4). Vidare är många våtmarksobjekt belägna i hållkar och/eller utgörs av små, trädklädda mossar i högre terränglägen. Dessa typer av våtmarker är inte beroende av grundvattenytans nivå för sin vattenförsörjning, eftersom de framförallt försörjs via nederbörd och snösmältning.

Det finns även några våtmarksobjekt på lägre nivåer i landskapet, bland annat utmed Laxemarån. En avsänkning av grundvattenytan skulle medföra att många av dessa miljöer blir torrare och på sikt övergår i skogsmark. Det redan utdikade landskapet skulle då komma att innehålla färre våta miljöer, vilket skulle minska variationen i landskapet och medföra negativa konsekvenser för den biologiska mångfalden.

5.1.5 Konsekvenser för skogsobjekt

Bedömningen är att grundvattenbortledningen skulle medföra obetydliga konsekvenser för 30 stycken skogsobjekt och små konsekvenser för åtta skogsobjekt. De senare utgörs av ädellövskog, lövängsrester och aspskog som Skogsstyrelsen klassat som skogliga nyckelbiotoper eller objekt med naturvärde /Hamrén et al. 2010/. Denna bedömning motiveras av att skogsmiljöernas huvudsakliga naturvärden inte är direkt kopplade till grundvattenytans nivå. Det föreligger alltså inte någon risk för plötslig trädöd eller några dramatiska vegetationsförändringar i skogen, eftersom träd och annan växtlighet under vegetationsperioden får den största delen av sitt vatten via nederbörd. Det kan dock finnas små partier (svackor och fuktstråk) som skulle bli torrare. Detta skulle på sikt ge mindre variation av livsmiljöer i landskapet och därmed innebära en försämring för den biologiska mångfalden.

5.1.6 Konsekvenser för rödlistade och skyddade arter

Som nämnts tidigare har det inte påträffats några rödlistade eller skyddade arter som är direkt beroende av blöta eller fuktiga förhållanden. För rödlistade arter som observerats och som gynnas av en mosaikartad miljö (mindre hackspett och fransfladdermus) medför en minskad utbredning av sumpskogsmiljöer och småvatten en försämring av deras livsmiljöer och möjligheter till födosök. I det aktuella fallet är dock bedömningen att konsekvenserna skulle bli obetydliga /Hamrén et al. 2010/. Denna slutsats gäller samtliga fladdermössarter som påträffats i området (fladdermöss har strikt skydd varhelst de förekommer).

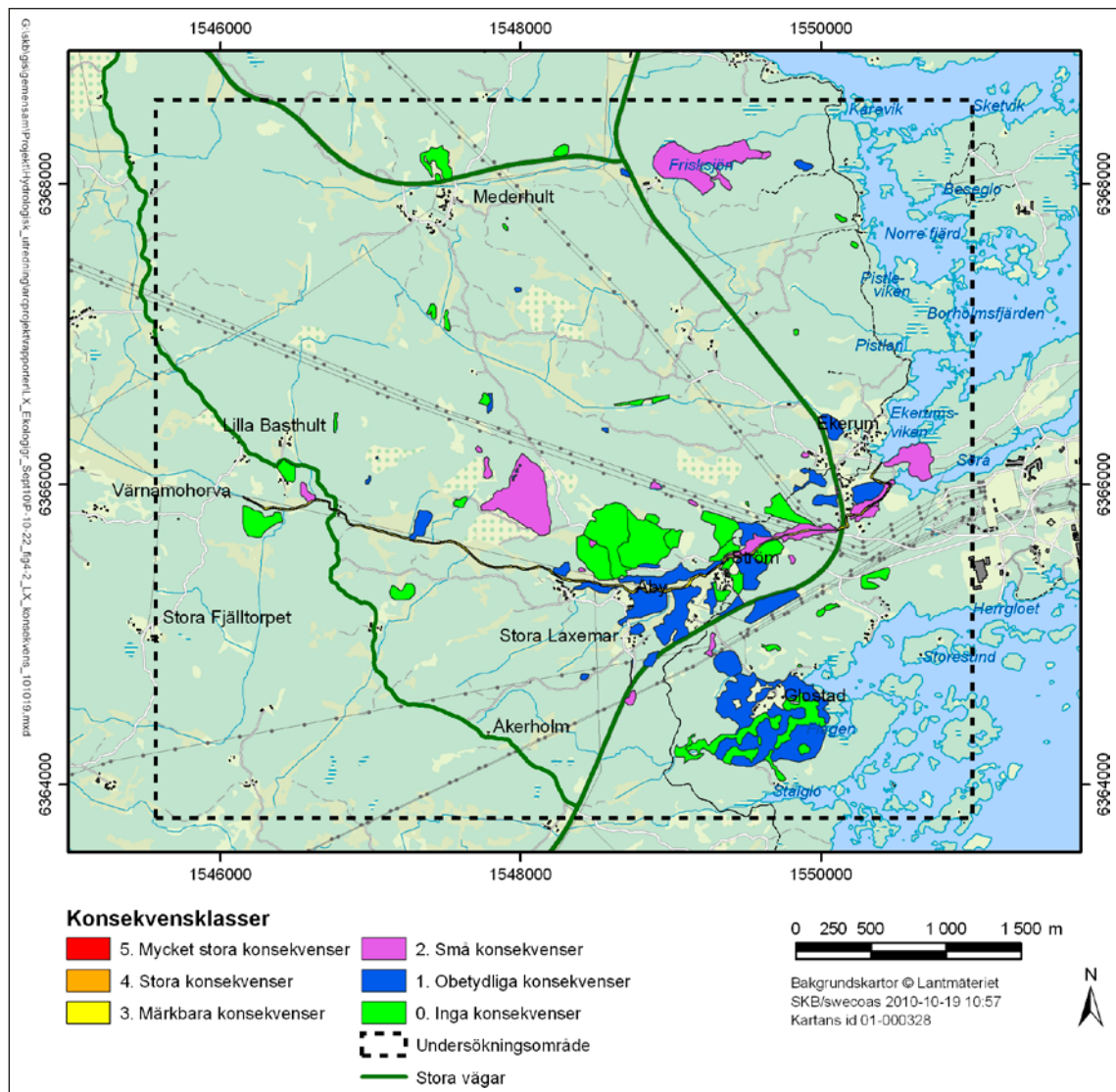
Fridlysta grodor och kräldjur (åkergroda, vanlig padda, mindre vattensalamander och snok) är beroende av våta miljöer och missgynnas generellt av en avsänkning av grundvattenytan. Bedömningen är dock att grundvattenbortledningen endast skulle medföra obetydliga till små konsekvenser för fridlysta grod- och kräldjur. Vidare finns det ett förslag på en våtmark i Laxemarån (se avsnitt 7.2). Denna åtgärd skulle delvis kompensera för grundvattenavsänkningens negativa konsekvenser för dessa arter.

5.1.7 Konsekvenser för utpekade värdefulla och skyddade områden

Det finns inga naturreservat eller Natura 2000-områden inom det prognostiserade påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning. Grundvattenbortledningen skulle därför inte medföra några konsekvenser för sådana skyddade områden. Grundvattenbortledningen skulle heller inte medföra någon påtaglig skada på det riksintresseområde för naturvård som finns längs kusten.

5.1.8 Sammanfattande bedömning

Som framgår av figur 5-4 är bedömningen att grundvattenbortledning från en slutförvarsanläggning i Laxemar skulle medföra inga, obetydliga eller små konsekvenser för de identifierade och naturvärdesklassade naturobjekten, med undantag för Laxemarån. Grundvattenbortledningens effekter skulle bli stora inom objekt med låga naturvärden (främst mindre våtmarker med lokalt värde), vilket innebär att konsekvenserna för dessa ändå skulle bli små. Effekterna skulle även bli stora inom vissa objekt med högre naturvärden, främst skogliga nyckelbiotoper med regionalt värde och så kallade lövängsrester på tidigare hävdad mark med kommunalt värde. De huvudsakliga naturvärdena för sådana objekt är dock kopplade till andra faktorer än grundvattenytans nivå, vilket begränsar konsekvenserna. Den främsta ekologiska konsekvensen av grundvattenbortledningen gäller Laxemarån, för vilken konsekvenserna av en minskad vattenföring skulle bli märkbara.



Figur 5-4. Översiktskarta som visar klassindelade konsekvenser för naturobjekt.

5.2 Konsekvenser för produktionsmark

5.2.1 Konsekvenser för skogsbruket i Laxemar

I detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av grundvattenbortledningens konsekvenser för skogsbruket, specifikt konsekvenser för skogens bonitet. Underlaget för bedömningen presenteras närmare i /Hamrén och Collinder 2010, SKBdoc 1247710/. Nuvarande skogsbruk i Laxemar beskrivs i avsnitt 3.5.2.

Skogsbonitet brukar anges som $\text{m}^3 \text{ sk}/(\text{ha}\cdot\text{år})$, det vill säga skogskubikmeter per hektar och år (en hektar är lika med $10\,000 \text{ m}^2$). Den metodik som använts avser strikt skogens långsiktiga bonitet. Detta innebär bland annat att skogens nuvarande ålder inte beaktas. Eftersom avsänkningen av grundvattenytan skulle bli långvarig men inte permanent är bedömningen att avsänkningen inte skulle ge några negativa konsekvenser för skogens produktionsförmåga på lång sikt.

/Werner et al. 2010/ anger generella samband mellan grundvattenytans djup under markytan och skogens bonitet. Där konstateras att det långsiktiga genomsnittliga djupet till grundvattenytan under vegetationsperioden är en viktig faktor för skogsträdens produktionsförmåga. Konsekvensbeskrivningen utgår från följande fem vedertagna markfuktighetsklasser:

- Torr mark (djup > 2 m under markytan).
- Frisk mark (1–2 m under markytan).
- Frisk/fuktig mark (0,5–1 m under markytan).
- Fuktig mark (0,1–0,5 m under markytan).
- Blöt mark (0–0,1 m under markytan).

Gran- och tallbestånd på impediment (blöta marker) uppträder endast undantagsvis. Den högsta skogsboniteten återfinns i friska/fuktiga marker och den lägsta i torra och blöta marker. Detta innebär att en avsänkning av grundvattenytan kan ge både negativa och positiva konsekvenser för boniteten, beroende på djupet till grundvattenytan före avsänkningen.

/SKBdoc 1247710/ innehåller uppgifter från Riksskogstaxeringens databas för östra Kalmar län (perioden 1993–2002) samt beståndsdata från Översiktlig Skogsinventering (ÖSI) avseende gran- och tallbonitet för olika markfuktighetsklasser. Bonitetsvärdena från ÖSI ger generellt något mindre skillnader mellan olika markfuktighetsklasser jämfört med de som erhållits från Riksskogstaxeringen. Här används därför följande ungefärliga boniteter enligt Riksskogstaxeringen:

Gran: Torr mark = 6,5, frisk mark = 9, frisk/fuktig mark = 11, fuktig mark = 7,5 m³ sk/(ha·år).

Tall: Torr mark = 5, frisk mark = 5,5, frisk/fuktig mark = 7, fuktig mark = 4,5 m³ sk/(ha·år).

För konsekvensbeskrivningen behövs uppgifter om storleken på påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning samt skogsmarkens fördelning på olika markfuktighetsklasser, både för opåverkade och påverkade förhållanden. Vidare behövs uppgifter om ytandelen produktiv skogsmark och fördelningen på trädslag (i det aktuella fallet gran och tall) inom påverkansområdet. Konsekvensbeskrivningen görs utifrån ett antal förenklande antaganden som ger ett relevant (men sannolikt överskattat) mått på konsekvenserna för skogens produktionsförmåga.

Tabell 5-1 visar den MIKE SHE-beräknade fördelningen på olika markfuktighetsklasser inom landområdena av modellområdet, avseende tätningsfall (ii) och det hypotetiska fallet med ett helt öppet förvar /Mårtensson et al. 2009/. Indelningen är de tre klasserna < 0,05 m, 0,05–1 m och 1–2 m, som ungefär motsvarar markfuktighetsklasserna blöt mark (0–0,1 m), fuktig till frisk/fuktig mark (0,1–1 m) och frisk mark (1–2 m). Fördelningen redovisas dels som medelvärden för hela typåret 2006, dels för vegetationsperioden som i Laxemarområdet generellt sträcker sig från april till oktober /Löfgren 2008/.

Enligt tabellen är grundvattenytan under vegetationsperioden belägen inom 2 m från markytan i ungefär en fjärdedel (8,5 km²) av landområdena. 2 % utgörs av blöt mark (impediment), 5 % fuktig till frisk/fuktig mark och 20 % frisk mark. Resterande tre fjärdelar av landområdena utgörs av torra marker, det vill säga djupet till grundvattenytan är mer än 2 m under markytan.

Inom det regionala modellområdet täcks som nämnts tidigare 86 % av landområdena av skogsmark, med en ungefärlig fördelning inom den produktiva skogsmarken på två tredjedelar tall och en tredjedel gran. Tall dominerar inom områden med torra marker och gran inom områden med fuktiga till friska/fuktiga marker. Baserat på uppgifter i /Löfgren 2008/ kan en översiktlig fördelning på olika markfuktighetsklasser för tall antas vara 10 % för fuktig till frisk/fuktig mark, 40 % för frisk mark och 50 % för torr mark. Motsvarande fördelning för gran kan antas vara 40 %, 50 % respektive 10 %. Blöt mark antas vara impediment (nollbonitet). Vidare antas avsänkningen av grundvattenytan innebära att all icke-torr skogsmark inom påverkansområdet övergår till torr mark. Boniteten för skog i torra marker antas alltså inte påverkas av en avsänkning av grundvattenytan.

Tabell 5-1. MIKE SHE-beräknad fördelning (km²) på markfuktighetsklasser inom landdelarna av modellområdet (31,1 km²). Beräkningen avser tätningsfall (ii) och det hypotetiska fallet med ett helt öppet förvar.

Djup till grundvattenytan (m u my)	Opåverkade förhållanden (typåret 2006)	Påverkade förhållanden (typåret 2006)	Opåverkade förhållanden (april–oktober 2006)	Påverkade förhållanden (april–oktober 2006)
< 0,05 (≈ blöt mark)	0,53	0,47	0,59	0,52
0,05–1 (≈ fuktig till frisk/fuktig mark)	1,49	1,21	1,38	1,16
1–2 (≈ frisk mark)	5,85	3,75	6,50	4,28
Summa	7,87	5,43	8,47	5,96

Ovanstående ger en bonitetsminskning inom påverkansområdet på cirka 20 %. Som ett exempel ger ett påverkansområde på 15,7 km² (innehållande 4,5 km² gran och 9 km² tall, det vill säga 13,5 km² eller 86 % skogsmark) en ursprunglig bonitet på

- $450(0,4 \cdot 9,25 + 0,5 \cdot 9 + 0,1 \cdot 6,5) \approx 1\,800 \text{ m}^3 \text{ sk/år}$ för gran och
- $900(0,1 \cdot 5,75 + 0,4 \cdot 5,5 + 0,5 \cdot 5) \approx 4\,750 \text{ m}^3 \text{ sk/år}$ för tall,

vilket ger en sammanlagd bonitet på 6 550 m³ sk/år. Beräkningen beaktar fördelningen på markfuktighetsklasser och således boniteterna för respektive träslag. En avsänkning av grundvattenytan skulle ge en bonitetsminskning på

- $450(0,4 \cdot 2,75 + 0,5 \cdot 2,5) \approx 1\,050 \text{ m}^3 \text{ sk/år}$ för gran och
- $900(0,1 \cdot 0,75 + 0,4 \cdot 0,5) \approx 250 \text{ m}^3 \text{ sk/år}$ för tall,

vilket skulle ge en sammanlagd bonitetsminskning på 1 300 m³ sk/år. Detta motsvarar en bonitetsminskning inom påverkansområdet på $1\,300/6\,550 \approx 0,20$ (20 %).

En bonitetsminskning på 20 % inom påverkansområdet ska ses som en övre gräns, eftersom den beräknade bonitetsminskningen baseras på Riksskogstaxeringens bonitetsvärden, med större bonitetskillnader mellan olika markfuktighetsklasser jämfört med ÖSI-uppgifterna. Vidare har det antagits att all skogsmark inom påverkansområdet som inte utgörs av torr mark övergår till torr mark. Ingen hänsyn har heller tagits till att en avsänkning av grundvattenytan i blöt skogsmark kan ge en högre bonitet i sådana områden. En avsänkning av grundvattenytan kan alltså medföra positiva konsekvenser för skogens tillväxt i vissa områden, som kompenserar för en bonitetsminskning inom andra områden.

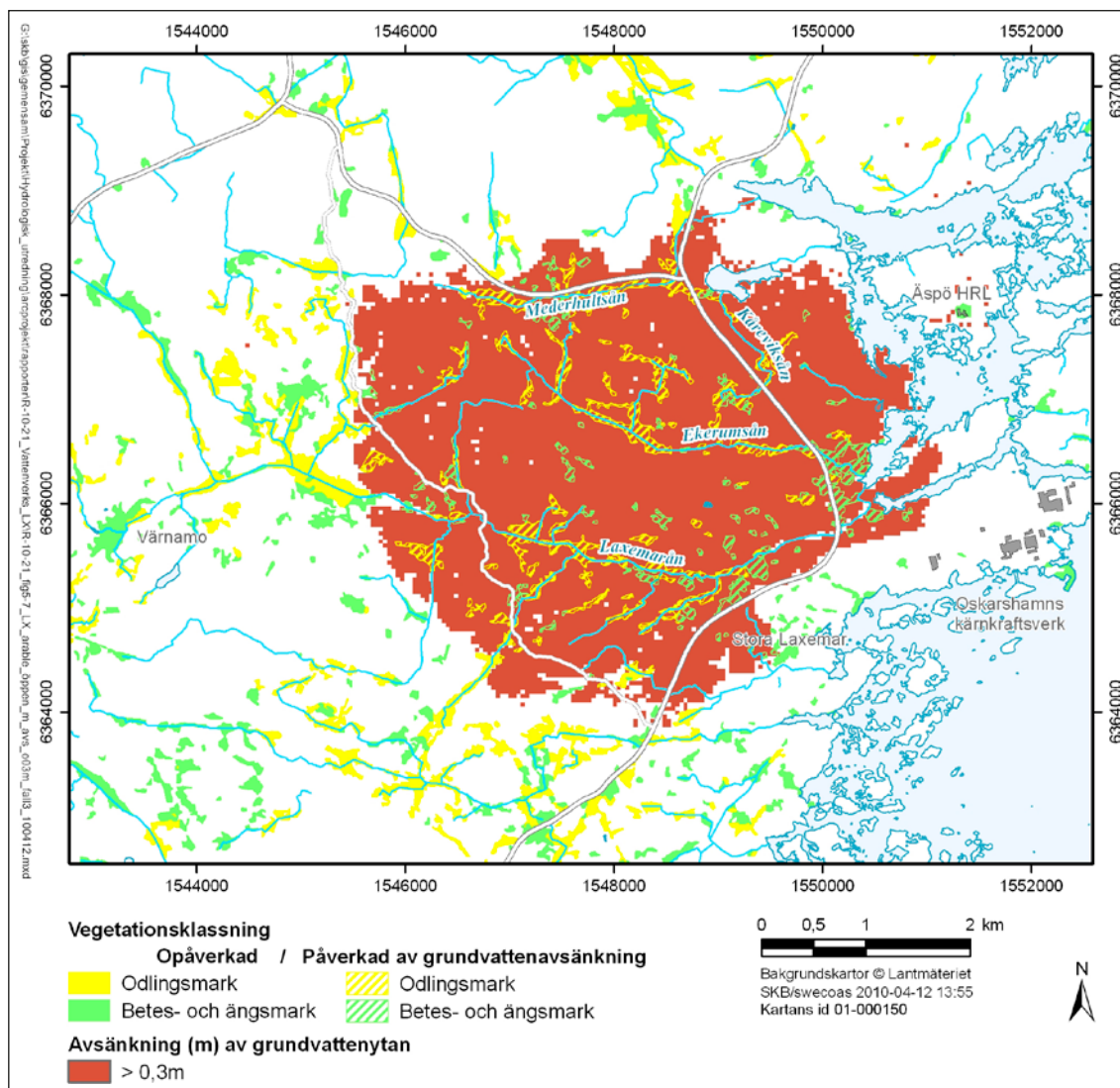
5.2.2 Konsekvenser för jordbruket i Laxemar

Detta avsnitt beskriver översiktligt grundvattenbortledningens konsekvenser för jordbrukets skördeavkastning i Laxemarområdet. Underlaget för bedömningen presenteras närmare i /Hamrén och Collinder 2010, SKBdoc 1247711/. Nuvarande jordbruk i Laxemar beskrivs i avsnitt 3.5.1.

/Werner et al. 2010/ anger generella samband mellan grundvattenytans djup under markytan och skördeavkastningen. Enligt dessa samband beror konsekvenserna för skördeavkastningen på det ursprungliga djupet till grundvattenytan, jordarten och avsänkningens storlek. I jordbruksmark med tillfredsställande dränering kan en avsänkning av grundvattenytan påverka grödornas vattenförsörjning genom att markvattenmagasinet minskar, speciellt under perioder med låg eller ingen nederbörd. I otillräckligt dränerad jordbruksmark kan en måttlig avsänkning av grundvattenytan vara positiv för skördetillväxten genom tidigare upptorkning på våren.

Tidigare erfarenheter /Florgård et al. 2000/ visar att en betydande avsänkning av grundvattenytan (1 m eller mer) kan ge en minskning av skördeavkastningen med högst 5–10 % i kärr- och gyttejordar och högst 10–20 % i grövre jordar. Enligt /Sohlenius och Hedenström 2008/ består ungefär en fjärdedel av jordbruksmarken i Laxemarområdet av sandig-grusig jord, medan resterande del finns på kärr-, ler- eller gyttejordar eller i moränmark.

Figur 5-5 visar områden med jordbruksmark i Laxemar, uppdelat på odlingsmark och betes- och ängsmark innanför respektive utanför det modellberäknade påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning (avsänkingsgräns 0,3 m och tätningsfall (ii)). Jordbruksmark omfattar 8 % av landarean



Figur 5-5. Översiktskarta över jordbruksmark i Laxemar, uppdelad på odlingsmark respektive betes- och ängsmark inom och utanför påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning (avsänkingsgräns 0,3 m och tätningsfall (ii)).

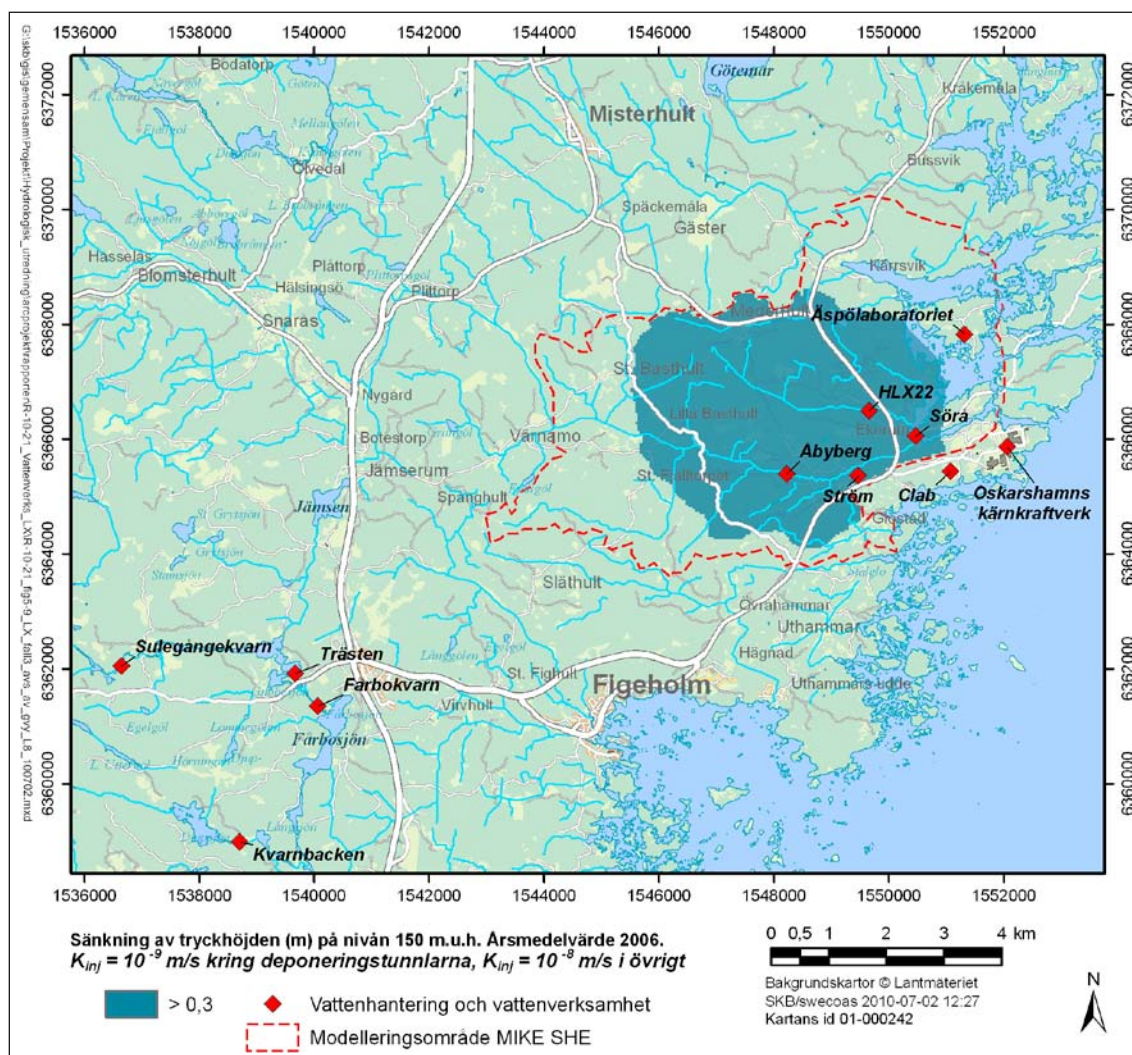
(baserat på andelen inom det regionala modellområdet, se avsnitt 3.5.1) och påverkansområdets storlek är 15,7 km², vilket översiktligt innebär att grundvattenytan skulle sänkas av inom 1,25 km² jordbruksmark. Fördelningen på jordbruksmark med olika jordar innebär att skördeavkastningen skulle minska med högst 5–10 % i 1 km² och med högst 10–20 % i resterande 0,25 km². Som högst skulle den totala skördeminskningen inom påverkansområdet bli drygt 10 %, med en viktning mot jordbruksmarkernas jordartsfördelning. Detta är en mycket grov bedömning som dock ger en övre gräns för skördeminskningen. Bland annat tas inte hänsyn till att grödor endast odlas på en del av jordbruksmarken (se figur 5-5).

5.3 Konsekvenser för befintlig vattenhantering och vattenverksamhet

5.3.1 Vattenförsörjning och enskilda brunnar

Figur 5-6 visar att den kommunala vattentäkten vid Fårbo är belägen långt från påverkansområdet. Detta innebär att bortledning av grundvatten från förvaret inte skulle påverka den kommunala vattenförsörjningen i Oskarshamns kommun.

Som nämnts tidigare finns det ett stort antal enskilda brunnar i Laxemarområdet. De brunnar som potentiellt skulle påverkas av grundvattenbortledningen har identifierats genom att utgå från den MIKE SHE-beräknade sänkningen av tryckhöjden på nivån -70 m ö h. Denna nivå representerar med viss marginal ett typiskt djup för bergborrade brunnar i området /Morosini och Hultgren 2003/. De beräkningsresultat som använts baseras på årsmedelvärden för typåret 2006, fallet med ett helt öppet förvar och tätningsfall (ii).



Figur 5-6. Översiktskarta som visar befintlig vattenhantering och vattenverksamhet. Läget för sjön Götarna framgår av kartan (längst i norr) och sjön har därför ingen röd lägesmarkering. Kartan visar även MIKE SHE-beräknat påverkansområde för sänkning av grundvattnets tryckhöjd på nivån -150 m ö h (sänkingsgräns $0,3$ m och tätningsfall (ii)).

Resultaten visar att ett 60-tal enskilda brunnar är belägna inom påverkansområdet. Majoriteten av brunnarna är belägna närmare än 500 m från förvaret. Det kan alltså konstateras att grundvattenbortledningen skulle kunna ge konsekvenser för enskild vattenförsörjning i Laxemarområdet i form av försämrad brunnskapacitet i ett flertal brunnar. Som nämnts tidigare har vattenförsörjningen från brunnar i Lilla Laxemar by ersatts med borrhålet HLX22, som alltså används som en brunn. Enligt figur 5-6 är detta borrhål beläget inom påverkansområdet. Brunnens djup är cirka 140 m och den når en nivå på ungefär -130 m ö h /Ask et al. 2005/. Vid läget för brunnen är den MIKE SHE-beräknade sänkningen av grundvattnets tryckhöjd något tiotal meter på denna nivå (figur 4-2).

5.3.2 Vattenverksamhet

Enligt avsnitt 3.6.2 finns det i förvarets omgivning befintliga vattenverksamheter i form av uttag av ytvatten från sjön Götemar och från Laxemarån vid Ström, uttag av havsvatten till Oskarshamn kärnkraftverk och till Clab, samt bortledning av grundvatten från Äspölaboratoriet, från Clab och från brunnen (borrhålet) HLX22. Figur 5-6 visar lägena för dessa vattenverksamheter i förhållande till påverkansområdet för den modellberäknade sänkningen av tryckhöjden på nivån -150 m ö h.

Som nämnts tidigare skulle vattenförsörjningen till Lilla Laxemar by kunna påverkas genom försämrad kapacitet i den brunn som förser byn med dricksvatten. Figur 5-6 visar även att delar av Laxemarån passerar genom påverkansområdet. Enligt avsnitt 4.6.2 skulle grundvattenbortledningen medföra en viss minskning av den årliga ackumulerade vattenföringen i Laxemarån. OKG pumpar dock vatten från Laxemarån till sjön Sörå under endast några dagar varje eller vartannat år. Bedömningen är därför att grundvattenbortledningen inte skulle minska möjligheterna att ta ut vatten från Laxemarån.

5.3.3 Markavvattningsföretag och källor

Som nämnts tidigare har ett stort antal kulturtekniska åtgärder genomförts i Laxemarområdet, främst i form av markavvattning. Nedan listas de markavvattningsföretag som är belägna inom det modellberäknade påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning. LN betecknar markavvattningsföretag som prövats av Lantbruksnämnden enligt 1918 års vattenlag. Företag som endast betecknas med nummer har prövats av den tidigare myndigheten Sveriges Lantbruksingenjörer.

- LN 15: Gässhult dikningsföretag av år 1955. Detta företag berör bäcken Kärrviksån, omedelbart uppströms dess utlopp i havet.
- 179: Sänkning av sjön Gästern m m av år 1918. Företaget berör även Kärrviksån.
- 1230: Lilla Laxemar och Mederhults dikningsföretag av år 1933 och 1935. Företaget berör delar av Ekerumsån.
- 854: Mederhult dikningsföretag av år 1949. Företaget berör de västra delarna av Mederhultsån.
- 771: Plittorp-Stora Basthults torrlägningsföretag av år 1944. Företaget berör delar av Laxemarån.
- 1008: Stora Laxemar m m dikningsföretag av år 1922. Företaget berör ett område som dräneras till Laxemarån.
- 1229: Ström-Åby dikningsföretag av år 1933. Företaget berör Laxemarån, från Kvarnstugan i väst till Ström i öst.

Syftet med ovanstående markavvattningsföretag är att erhålla mark lämplig för jordbruk genom dränering av ”vattensjuka” områden. Ökad torrläggning av mark genom avsänkning av grundvattenytan skulle således innebära att nyttan med markavvattningen minskar under den period då grundvatten leds bort från förvaret.

Som nämnts tidigare finns det inte några registrerade källor i Laxemarområdet. Den källa som observerats vid foten av Tunaåsen norr om Fårbo samhälle är belägen utanför det prognostiserade påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning. Källan skulle därför inte påverkas av grundvattenbortledningen.

5.4 Konsekvenser för byggnader och infrastruktur

En avsänkning av grundvattenytan kan ge upphov till marksättningar, vilket i sin tur kan orsaka sättningar av byggnader och infrastruktur. Grundläggningsförhållanden och jordart är viktiga faktorer för uppkomst av sådana sättningar, givet en viss avsänkning av grundvattenytan. Som nämnts tidigare finns det ett flertal byggnader i slutförvarsanläggningens omgivning. Många av dessa byggnader och även några vägar är belägna inom det prognostiserade påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning.

Det kan alltså konstateras att grundvattenbortledningen skulle kunna ge upphov till konsekvenser i form av sättningar av vissa byggnader och vägar. En översiktlig genomgång visar att jordartsförhållandena och sannolikt också grundläggningen varierar mellan olika objekt. Detta innebär att närmare utredningar behövs för enskilda byggnader och vägavsnitt för att bedöma sannolikheten för sättningar. De byggnader som tillhör OKG (inklusive reaktorbyggnaderna O1–O3) är dock belägna utanför påverkansområdet.

6 Åtgärder

Detta kapitel ger en översikt över åtgärder som skulle kunna vidtas för att förebygga, begränsa och kompensera för grundvattenbortledningens effekter och konsekvenser. Bedömningarna av effekter och konsekvenser kan anses tillräckliga för att klargöra åtgärdsbehoven. Det ska dock betonas att vid den tidpunkt då SKB beslutade att förlägga slutförvarsanläggningen till Forsmark hade få utredningar genomförts vad gäller konkreta åtgärder.

6.1 Förebyggande åtgärder

Injekttering av förvarets undermarksdelar skulle utgöra den viktigaste förebyggande åtgärden. Sådana åtgärder beskrivs i avsnitt 2.3.

6.2 Begränsande åtgärder

6.2.1 Anläggande av våtmark i Laxemarån

I avsnitt 7.2 beskrivs anläggande av en våtmark i Laxemarån (Laxemarmaden) för att omhänderta och behandla lakvatten och länshållningsvatten. I det hårt utdikade landskapet är varje tillskott av våtmarker gynnsamt för bland annat grod- och kräldjur. Det innebär att denna våtmark skulle medföra positiva ekologiska konsekvenser, både för Laxemarån och för Laxemarområdet i stort.

6.2.2 Vattentillförsel till Laxemarån

Enligt avsnitt 5.1.3 skulle en minskning av vattenföringen medföra märkbara ekologiska konsekvenser för Laxemarån, den enda bäcken i området med några speciella naturvärden. För våtmarkerna utmed ån skulle mindre frekvent översvämning innebära att de på sikt övergår till skogsmark. Nedan görs en kort beskrivning av förutsättningarna för vattentillförsel för att bevara naturvärden i Laxemarån och omgivande våtmarker.

Minskningen av den årliga ackumulerade vattenföringen i Laxemarån är en ”bäckvattenförlust” som ska jämföras med tillgång på annat vatten. För Laxemarån är bäckvattenförlusten cirka 650 000 m³ (0,65 Mm³) per år för tätningsfall (ii) /Mårtensson et al. 2009/. En vattenkälla som ligger nära till hands är det länshållningsvatten (inklusive inläckande grundvatten) som pumpas upp från förvaret. Enligt avsnitt 4.2 är inläckaget cirka 75 l/s till ett helt öppet förvar för tätningsfall (ii), vilket motsvarar ungefär 2,4 Mm³ per år. För samma tätningsfall är det modellberäknade inläckaget 0,29 Mm³ per år under uppförandeskedet och 0,68 Mm³ per år under utbyggnadssteg 2.

Till ovanstående tillkommer bruksvatten som används i förvaret. Sammantaget bör därför länshållningsvattnet ur kvantitativ synpunkt vara tillräcklig som vattenkälla för Laxemarån under driftskedet, men eventuellt inte under uppförandeskedet. Som beskrivs närmare i kapitel 7 finns det förslag att både länshållningsvatten från förvaret och lakvatten från bergupplaget skulle ledas till Laxemarån. Denna åtgärd skulle därmed kunna fungera som konsekvensförebyggande åtgärd för den del av Laxemarån som är belägen nedströms förvarets driftområde.

6.2.3 Åtgärder för byggnader och infrastruktur

Grundförstärkning och andra åtgärder kan övervägas för att begränsa sättningar av byggnader och infrastruktur. Som framgår av avsnitt 5.4 krävs dock utredningar av enskilda objekt för att kunna bedöma åtgärdsbehov och metoder.

6.3 Kompensatoriska åtgärder

6.3.1 Naturobjekt

Bedömningen är att grundvattenbortledningens ekologiska konsekvenser inte skulle motivera några kompensatoriska åtgärder.

6.3.2 Produktionsmark

SKB skulle bidra ekonomiskt för att täcka skördebortfall inom jordbruket och/eller minskning av skogens bonitet till följd av grundvattenbortledningen.

6.3.3 Enskilda brunnar

SKB skulle vidta åtgärder om grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen skulle leda till problem med vattenförsörjningen från någon enskild brunn.

7 Vattenverksamheter ovan mark

En slutförvarsanläggning i Laxemar skulle även vara förknippad med ett antal åtgärder ovan mark som utgör vattenverksamhet. Dessa inkluderar en bro över Laxemarån samt åtgärder intill slutförvarsanläggningens driftområde, i Laxemarån och i ett dike som benämns Oxhagsbäcken. Detta kapitel beskriver dessa åtgärder och ger en översiktlig bedömning av deras effekter och konsekvenser samt behov av åtgärder. Det ska återigen understrykas att beskrivningen baseras på planer och förslag motsvarande planeringsläget vid den tidpunkt då SKB beslutade att förlägga slutförvarsanläggningen till Forsmark.

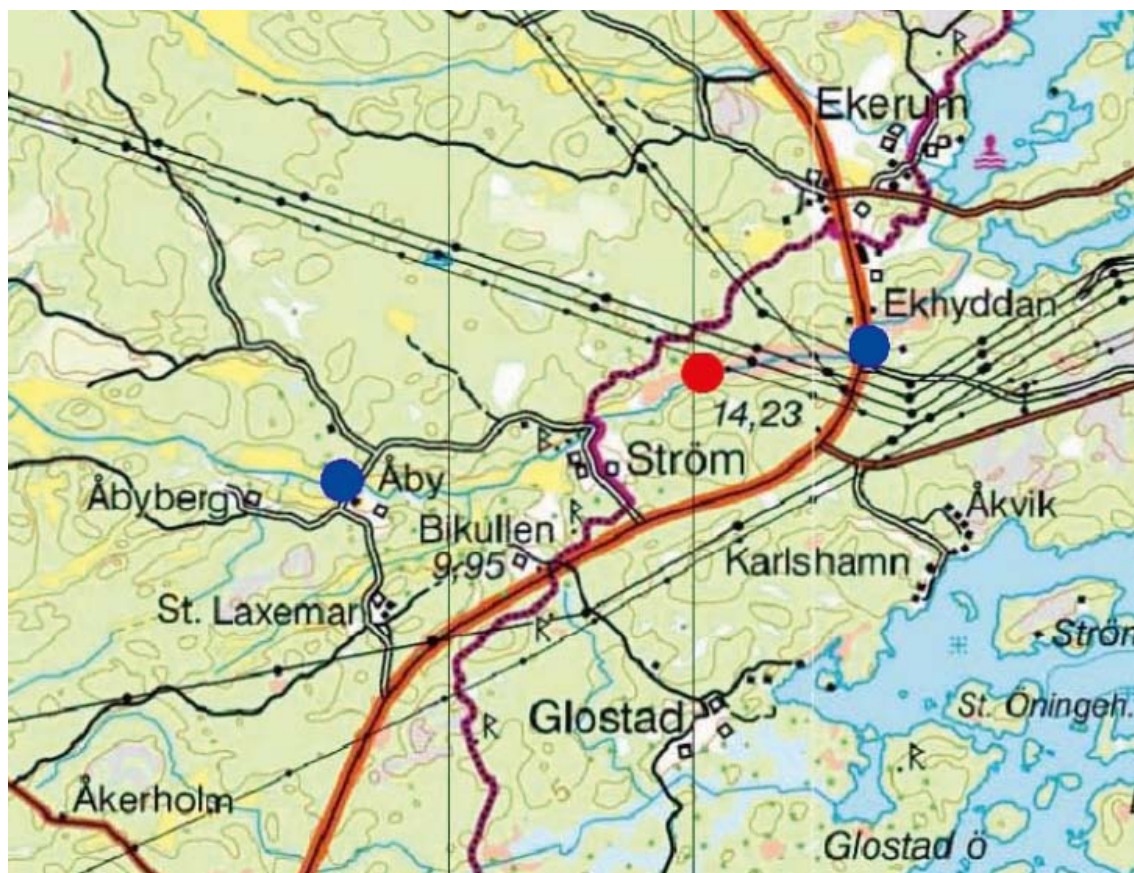
7.1 Bro över Laxemarån

7.1.1 Beskrivning av vattenverksamheten och vattenområdet

Beskrivning av vattenverksamheten

Det skulle behövas en ny bro över Laxemarån för transporter till och från slutförvarsanläggningen. Bron skulle uppföras mellan Ström och Ekhyddan, cirka 1,2 km uppströms Laxemaråns utlopp i Ekerumsviken (figur 7-1).

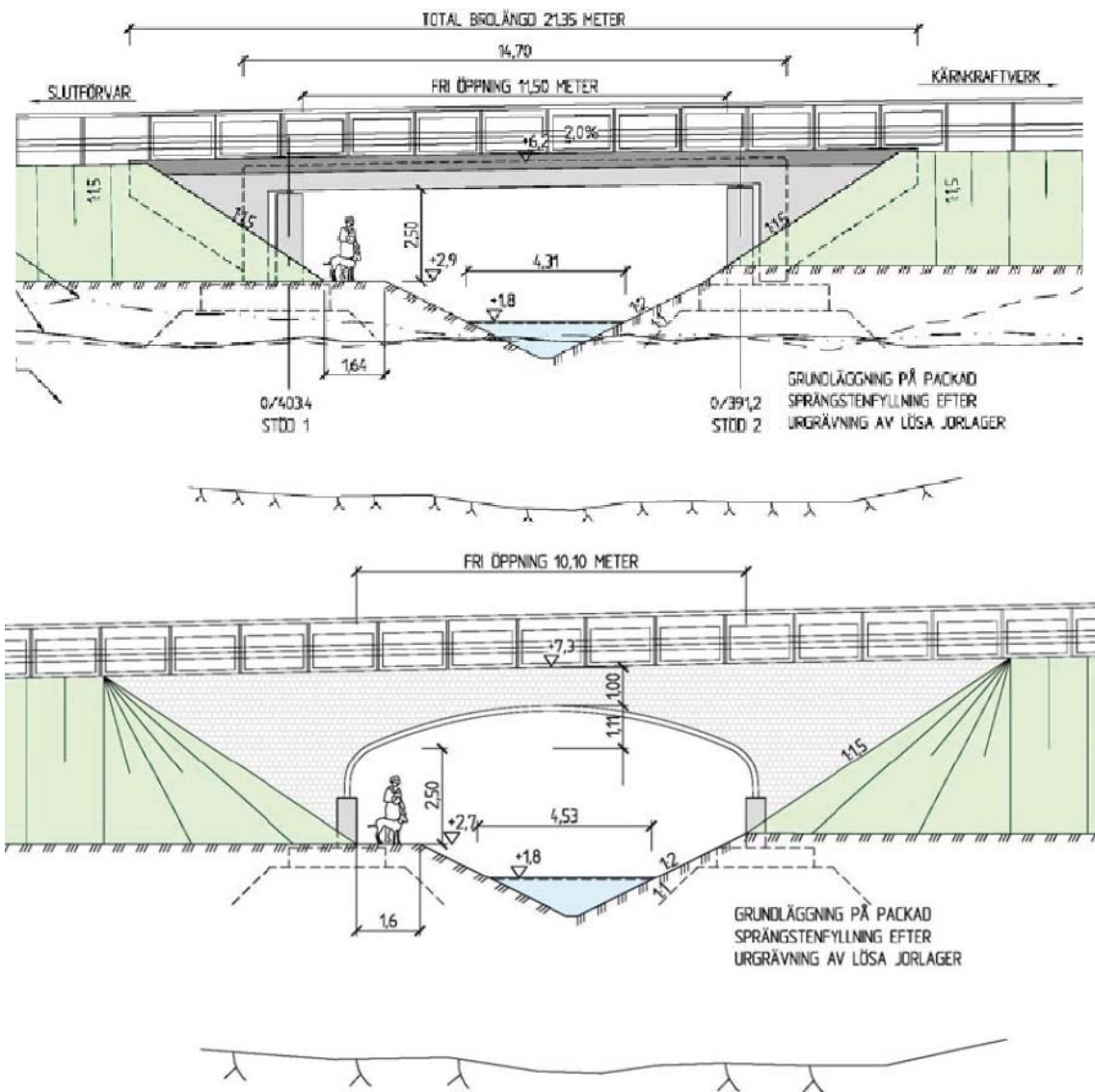
Laxemaråns bredd är cirka 4 m vid det planerade broläget (figur 7-2). Vid broläget utgörs åns botten huvudsakligen av lera /SKBdoc 1191152/. Som huvudförslag skulle bron utföras som en platsguten plattbro eller en rörbro av stål av typen SuperCor BoxCulvert (figureerna 7-3 och 7-4). Givet den begränsade brolängden skulle det inte behövas något mellanstöd i ån.



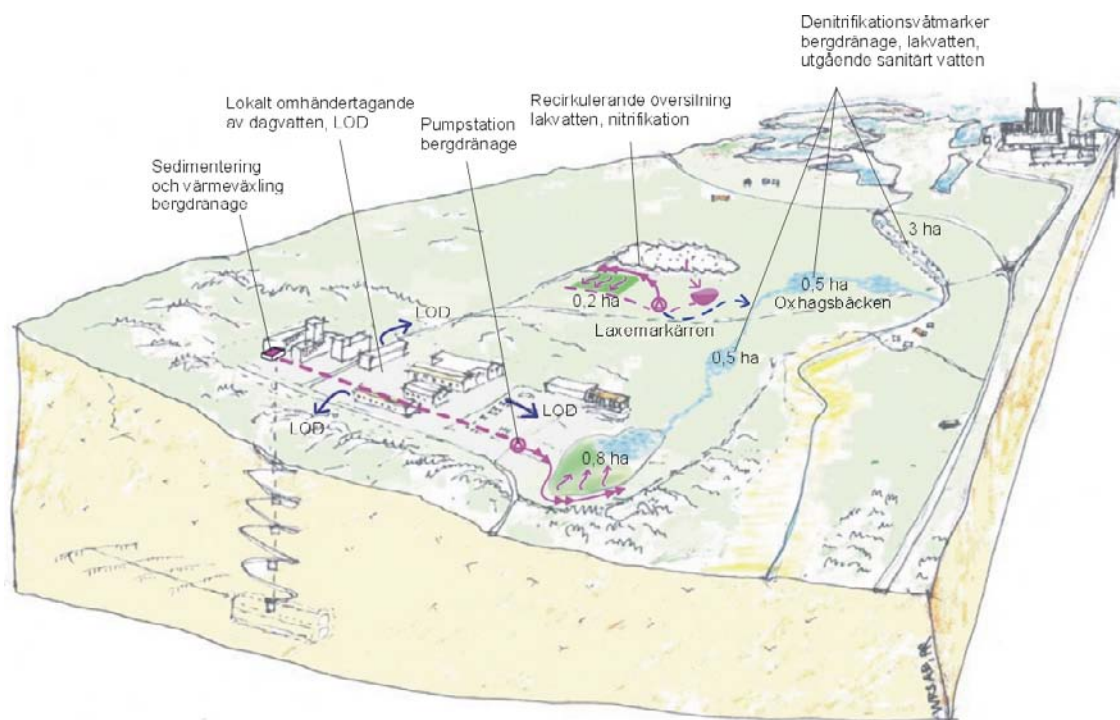
Figur 7-1. Översiktskarta som visar det föreslagna läget (röd prick) för en bro över Laxemarån /SKBdoc 1191152/. De blåa prickarna markerar platser som undersökts vad gäller fisk och bottenfauna /Andersson 2006, Ericsson och Engdahl 2004b/.



Figur 7-2. Det planerade broläget vid Laxemarån /SKBdoc 1191152/.



Figur 7-3. Förslag på plattbro (övre bilden) eller bro av typen SuperCor BoxCulvert (nedre bilden) över Laxemarån /SKBdoc 1191152/.



Figur 7-4. Principlösning för omhändertagande och behandling av lakvatten och länshållningsvatten (baserad på /Ridderstolpe och Stråe 2007/).

Bron skulle utföras med förhöjd grundläggning för att undvika arbeten i vatten. En urgrävning skulle göras av jordmassor med sämre geotekniska egenskaper, varefter brofästena på land skulle grundläggas på en packad sprängstensfyllning. Det skulle sannolikt behövas vissa fyllnadsarbeten i vatten eftersom urgrävningen skulle göras under grundvattenytan i kanten på ån. Ovan grundläggningen skulle brostöden utformas som en bottenplatta av betong med frontmur för att begränsa spännvidden /SKBdoc 1191152/. Stöden skulle placeras så långt som möjligt från ån för att undvika arbeten i vatten.

Beskrivning av vattenområdet

Hydrologiska förhållanden

Laxemaråns avrinningsområde har en yta på cirka 40 km² /Werner et al. 2008/. Ån har sin källa i sjön Jämsen och sitt utlopp i havet vid Ekerumsviken. Inom ramen för platsundersökningen i Laxemarområdet har SKB utfört vattenföringsmätningar vid Ström i Laxemarån sedan november 2004 (se figur 7-1). OKG AB har genomfört mätningar vid samma station sedan 1970-talet. Enligt SKB:s mätningar är medelvattenföringen i Laxemarån vid Ström (november 2004–december 2007) cirka 300 l/s /Werner et al. 2008/. Det lägsta årsmedelvärdet är 200 l/s (år 2005). Enligt mätningarna är den årliga lägsta vattenföringen cirka 10 l/s.

Befintliga vattenverksamheter

Uppströms den planerade bron i Laxemarån finns ett dikningsföretag (Ström-Åby dikningsföretag av år 1933) från perioden 1928–1933. Enligt syneförrättningen 1933 omfattade företaget en fördjupning av Laxemarån och dess biflöden för torrläggning av omkringliggande mark längs en väst-östlig sträcka från Kvarnstugan till Oxhagsbäckens utlopp i Laxemarån, strax öster om Ström.

Ekologiska förhållanden

Bottenfaunaundersökning /Ericsson och Engdahl 2004b/ och elfiske /Andersson 2006/ har utförts i Laxemarån vid Åby och Ekhyddan, 1,3 km uppströms respektive 0,6 km nedströms broläget (figur 7-1). Ekologiska inventeringar /Hamrén och Collinder 2010, Ignell et al. 2006/ har genomförts i Laxemarån och i dess omgivningar vid Åbyberg (cirka 0,5 km uppströms Åby), vid Ström (cirka 0,4 km uppströms det planerade broläget) och vid utloppet i Ekerumsviken.

Förhållanden uppströms den planerade bron

Från Kvarnstugan och 1,5 km nedströms till Åbyberg kantas ån av frisk mark, som troligtvis inte översvämmas ens vid höga flöden eftersom åfåran här är förhållandevis djup /Hamrén och Collinder 2010/. Längs denna sträcka passerar Laxemarån ett par mindre åkertegar och skogsmark. På åkermarkerna hämtas ensilage, vilket bidrar till att hålla gräsmarkerna öppna. Längs denna sträcka är ån till större delen utträtad men den är bitvis svagt meandrande. Ån är delvis beskuggad av skog, men det finns även mindre skuggiga partier med buskage. Mellan Kvarnstugan och cirka 2,5 km nedströms till Ström passerar ån genom ett gräsmarksområde som ingår i en bevarandeplan för odlingslandskapet (se avsnitt 3.4.4).

Vid Åby består åns botten av sten, grus och block och är utan vattenlevande växtlighet /Carlsson et al. 2005, Ericsson och Engdahl 2004b/. Antalet påträffade vattenlevande djurarter var lågt men individtätheten var hög. Dock påträffades inga sällsynta eller rödlistade arter. Undersökningen indikerar att bottenfaunan här kan vara påverkad av näringsämnen, organiska föroreningar och även viss försurning. Vid elfiskelokalen vid Åby /Andersson 2006/ är åns botten sandig och ån var vid tiden för undersökningen lugnt flytande. Vid undersökningen påträffades ingen fisk.

Förhållanden nedströms den planerade bron

Nedströms Ström är ån svagt meandrande, med mindre partier strömmande vatten och med grusig botten /Hamrén och Collinder 2010/. Ån kantas av öppna fuktängar och delvis även av buskage och skog, vilket ger skuggade vattenmiljöer. Vid bottenfaunalokalen vid Ekhyddan är åns botten stenig och grusig, och vattenhastigheten i ån var måttligt hög vid tiden för undersökningen /Ericsson och Engdahl 2004b/. Antalet påträffade vattenlevande djurarter och individtätheten var höga. Undersökningen indikerar att bottenfaunan är påverkad av näringsämnen, organiska föroreningar men inte av försurning. Vid undersökningen påträffades inga sällsynta eller rödlistade arter.

Elfiskeundersökningen vid Ekhyddan /Andersson 2006/ indikerar att detta är den enda del av Laxemarån där laxfisk (öring) har förutsättningar att förekomma. /Ignell et al. 2006/ noterar också att den nedre delen av Laxemarån troligtvis utgör en viktig lekplats för id, björkna, abborre och gädda. Vid elfiskeundersökningen påträffades gädda, mört, lake, id och gärs, men ingen laxfisk, vilket indikerar att Ekhyddan är en viktig reproduktionslokal för id och mört. Inga unga fiskexemplar observerades vid undersökningen, vilket tyder på att fiskynglen vandrar ut i havet direkt efter kläckningen. Vid hög vattenföring i ån översvämmas dess stränder nära utloppet /Löfgren 2008/. Nära utloppet kantas ån av al, björk och videbuskage. Dessa översvämningsmarker kan om våarna vara av värde för flyttande och rastande fåglar /Hamrén och Collinder 2010/.

7.1.2 Konsekvensbedömning

Laxemaråns flödesförhållanden

Grundläggning skulle utföras vid sidan om ån och det skulle inte behövas något mellanstöd i ån. Detta innebär att bron inte skulle inverka på Laxemaråns flödesförhållanden. Åtgärder för att minska konsekvenserna av grumlande arbeten (se nedan) skulle dock tillfälligt inverka på flödesförhållandena vid arbetsplatsen.

Grumling

Urgrävning av jordmassor skulle sannolikt leda till grumling. Grumlat vatten skulle eventuellt sedimentera nedströms broläget och ge konsekvenser för bottenfauna och djurliv. Utan åtgärder skulle grumlingen kunna få konsekvenser för lekande id, mört och öring, som troligtvis har viktiga reproduktionslokaler nedströms broläget.

Natur, djur och friluftsliv längs ån

Träd i anslutning till ån skulle sparas i så stor utsträckning som möjligt. En strandremsa skulle sparas under bron på båda sidor om ån så att djur kan passera utan hinder. Vidare skulle bron utformas med en planfri vandringspassage på västra sidan om ån för friluftslivet längs Ostkustleden.

7.1.3 Åtgärder

För att minimera grumlingen skulle som nämnts tidigare brofästena anläggas så långt från ån som möjligt. Grumlingens konsekvenser för id och mört skulle minskas genom att undvika grumlande arbeten under fiskens lekperiod på våren. Vidare skulle arbetsplatsen kunna vallas in och vattnet ledas förbi via rörledning. En viss grumling skulle dock vara oundviklig, vilket innebär att sedimentskärmar skulle användas för att minska grumlingen nedströms arbetsplatsen.

7.2 Åtgärder intill driftområdet, i Laxemarån och i Oxhagsbäcken

7.2.1 Beskrivning av vattenverksamheten och vattenområdet

Beskrivning av vattenverksamheten

Omhändertagande och behandling av lakvatten från ett bergupplag och länshållningsvatten från slutförvarsanläggningen skulle kräva vissa ingrepp intill driftområdet, i anslutning till Laxemarån och i ett dike som benämns Oxhagsbäcken /SKBdoc 1261197/. Skissen i figur 7-4 visar de övergripande principlösningarna, som innebär att lakvatten och länshållningsvatten skulle ledas från driftområdet via ett dike (Oxhagsbäcken) till Laxemarån. Följande ingrepp skulle behövas:

- Uppförande av ett schakt (Oxhagskällan) intill driftområdet, som uppsamlingspunkt för länshållningsvattnet.
- Uppförande av en damm intill driftområdet för behandling av lakvatten (Laxemarkärren).
- Uträtning av Laxemarån uppströms den nya bron (avsnitt 7.1).
- Anläggande av en liten ”sjö” vid Oxhagsbäckens utlopp i Laxemarån.
- Anläggande av en våtmark nedströms bron över Laxemarån (Laxemarmaden).

För att synliggöra det uppförda länshållningsvattnet skulle det ledas till ett schakt (Oxhagskällan) som avsågs efterlikna en djup och klar källa. Lakvattnet skulle behandlas via översilningsytor och en recirkulations- och utjämningsdamm (Laxemarkärren) med en yta på cirka 100 m². Oxhagskällan och Laxemarkärren skulle eventuellt schaktas under grundvattenytan. Inläckande grundvatten skulle endast ledas bort temporärt under schaktningen. Oxhagskällan och Oxhagskärren skulle därför inte medföra några konsekvenser för allmänna eller enskilda intressen.

Oxhagsbäcken och dess utlopp i Laxemarån skulle anpassas för utsläpp av lakvatten och länshållningsvatten genom att röja igenvuxen mark och anordna en liten sjö vid utloppet. En naturlig botten skulle efterliknas i Oxhagsbäcken och bäckens bredd skulle bli cirka 4 m. Laxemarån skulle rätas ut på uppströmssidan av den nya bron så att den skulle möta bron i rät vinkel. Nedströms bron, i höjd med en kraftledningsgata, skulle en våtmark på cirka 0,03 km² (Laxemarmaden) anläggas i ån genom att dämna ån där den korsar väg 743. Denna åtgärd skulle höja vattenytan till cirka 0,3 m över befintlig markyta. Våtmarkens dämningssgräns skulle styras genom att utforma dämningen med ett brett överfall. Mellan dämningss- och sänkningsgränsen skulle vattnet flöda tvärs dämnet via ett V-format överfall. Dämnet skulle utformas med möjlighet att sänka av vattenytan i våtmarken.

7.2.2 Beskrivning av berörda vattenområden

Hydrologiska förhållanden

Laxemaråns hydrologiska förhållanden beskrivs i avsnitt 7.1.1. Oxhagsbäcken är ett dike som i dagsläget ofta är torrt sommartid. Årsmedelvattenföringen kan skattas till i storleksordningen 5–6 l/s med en årlig avrinning på 165 mm /Werner 2009/ och ett antaget avrinningsområde på 1 km². Avrinningen i diket skulle ske i nordostlig riktning från driftområdet, varefter diket löper cirka 600 meter i en sydostlig båge ner mot Laxemarån. Oxhagsbäcken mynnar i Laxemarån, ett par hundra meter nedströms Ström.

Ekologiska förhållanden

Oxhagsbäcken har ytterst begränsade förutsättningar för biologisk mångfald och har därför inte naturvärdesklassats /Hamrén och Collinder 2010/. De markområden som skulle vara aktuella för en sjö och en våtmark i Laxemarån bedöms ha lokalt värde (klass 4). Vegetationen är typisk för igenväxande fuktängar, med vanliga växtarter som gräsen grenrör och rörflen, samt inslag av videbuskar.

Befintliga vattenverksamheter

Som nämnts tidigare finns det ett dikningsföretag (Ström-Åby dikningsföretag av år 1933) uppströms den tilltänkta våtmarken i Laxemarån. Sjön vid Oxhagsbäckens utlopp i Laxemarån skulle tangera dikningsföretaget. Vidare finns det en vattenföringsstation i Laxemarån vid Ström som varit i drift sedan 1970-talet. Stationen ingår i OKG:s kontrollprogram avseende överföring av vatten från Laxemarån till sjön Sörå.

7.2.3 Konsekvensbedömning

Intressen kopplade till bäckarnas flödesförhållanden

Utsläppet av lakvatten och länshållningsvatten skulle innebära att Oxhagsbäcken och Laxemarån tillförs vattenflöden som helt (Oxhagsbäcken) eller periodvis (Laxemarån) överstiger de naturliga vattenflödena. Om de beskrivna åtgärderna skulle genomföras skulle det behövas en närmare utredning av de hydrologiska effekterna /SKBdoc 1261197/. Speciellt skulle konsekvenser för dikningsföretaget och vattenföringsstationen behöva utredas vad gäller sjön vid Oxhagsbäckens utlopp i Laxemarån och våtmarken i Laxemarån.

Ekologiska konsekvenser

Djur- och växtliv vid Laxemarån

Som nämns ovan har de berörda markerna längs Laxemarån endast små naturvärden. Åtgärderna skulle därför inte medföra några ekologiska konsekvenser för markområdena längs ån. Laxemarmaden skulle medföra positiva ekologiska konsekvenser både för Laxemarån och för Laxemarområdet i stort, eftersom varje tillskott av våtmarker är gynnsamt för bland annat grod- och kräldjur i det hårt utdikade landskapet. Tillförsel av länshållnings- och lakvatten till Laxemarån kan betraktas som en konsekvensförebyggande åtgärd, givet minskningen av vattenföringen i ån till följd av grundvattenbortledningen från förvaret.

En våtmark under en kraftledning kan innebära att fåglar som lockas till våtmarken kolliderar med kraftledningen, men sannolikheten för detta bedöms som liten. Avverkning av buskar och annan vegetation vid Oxhagsbäckens utlopp eller vid våtmarken i Laxemarån skulle heller inte medföra några ekologiska konsekvenser, givet att enbart vanliga växtarter förekommer.

Djur- och växtlivet i Laxemarån

Grumlande arbeten skulle kunna medföra negativa konsekvenser för djur- och växtlivet i Laxemarån. För en beskrivning av sådana konsekvenser, se avsnitt 7.1.2.

Friluftslivet längs Laxemarån

De planerade åtgärderna skulle inte medföra några negativa konsekvenser för friluftslivet längs Ostkustleden eller i andra områden kring Laxemarån. En våtmark kan öka områdets upplevelsevärden, genom ökad biologisk mångfald och öppna landskapsvyer.

7.2.4 Åtgärder

Grumlingens konsekvenser för id och mört skulle minskas genom att undvika grumlande arbeten under fiskens lekperiod på våren. Vidare skulle arbetsplatsen kunna vallas in och vattnet ledas förbi via rörledning. En viss grumling skulle dock vara oundviklig, vilket innebär att sedimentskärmar skulle användas för att minska grumlingen nedströms arbetsplatsen.

8 Sammanfattande konsekvensbeskrivning

I detta kapitel ges en sammanfattning i punktform av de huvudsakliga slutsatserna från konsekvensbeskrivningen i kapitel 5 (bortledning av grundvatten) och kapitel 7 (vattenverksamheter ovan mark).

8.1 Bortledning av grundvatten

- **Naturobjekt:**

Grundvattenbortledningen bedöms medföra inga, obetydliga eller små konsekvenser för de naturobjekt som identifierats i undersökningsområdet. Undantaget är Laxemarån, för vilken konsekvenserna av en minskad vattenföring skulle bli märkbara.

- **Rödlistade och/eller skyddade arter:**

Det har inte påträffats några rödlistade eller skyddade arter som är direkt beroende av blöta eller fuktiga förhållanden. Det förekommer rödlistade och/eller skyddade arter som gynnas av en mosaikartad miljö (mindre hackspett och fladdermöss), men för dessa arter är bedömningen att konsekvenserna av grundvattenbortledningen skulle bli obetydliga. För fridlysta grodor och kräldjur (åkergroda, vanlig padda, mindre vattensalamander och snok) som är beroende av våta miljöer är bedömningen att grundvattenbortledningen skulle nedföra obetydliga till små konsekvenser.

- **Utpekade värdefulla och skyddade områden:**

Grundvattenbortledningen skulle inte medföra några konsekvenser för naturreservat eller Natura 2000-områden. Bortledningen skulle heller inte medföra någon påtaglig skada på det riksintresseområde för naturvård som finns längs kusten.

- **Mark- och vattenkemiska förhållanden:**

Bedömningen är att grundvattenbortledningen endast skulle ge upphov till små och lokala effekter på de mark- och vattenkemiska förhållandena.

- **Jord- och skogsbruk:**

Bedömningen är att skördeavkastningen och skogens bonitet skulle minska med högst 10 % respektive 20 % inom påverkansområdet vid en avsänkning av grundvattenytan.

- **Kommunal och enskild vattenförsörjning:**

Grundvattenbortledningen skulle inte påverka den kommunala vattenförsörjningen, men skulle kunna ge konsekvenser för enskild vattenförsörjning i form av försämrade brunnkapacitet.

- **Infrastruktur och byggnader:**

Det skulle behövas närmare utredningar för enskilda byggnader och vägavsnitt för att bedöma risken för sättningar. Byggnader och annan infrastruktur som ägs av Oskarshamns Kraftgrupp AB skulle inte påverkas av grundvattenbortledningen.

8.2 Vattenverksamheter ovan mark

- Vid uppförande av en bro över Laxemarån skulle åtgärder vidtas för att minska konsekvenserna av grumling för bland annat lekande fisk. Bron skulle konstrueras så att den inte inverkar på åns flödesförhållanden eller utgör ett vandringshinder.
- Tillförsel av behandlat vatten (länshållningsvatten och lakvatten) till Laxemarån och anläggande (restaurering) av en våtmark i ån kan betraktas som konsekvensbegränsande åtgärder, givet minskningen av vattenföringen i ån till följd av grundvattenbortledningen (avsnitt 8.1). Varje tillskott av våtmarker är gynnsamt för bland annat grod- och kräldjur i det sedan tidigare hårt utdikade landskapet.

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. Opublished documents are made available upon request to dokument@skb.se.

Andersson R, 2006. Oskarshamn site investigation. Electrofishing in two streams in the Simpevarp area. A study of the movement of migratory fish species. SKB P-06-251, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Ask H, Samuelsson L-E, Zetterlund M, 2005. Oskarshamn site investigation. Percussion drilling of boreholes HLX21, HLX22, HLX23, HLX24, HLX25, HLX30, HLX31 and HLX33 for investigation of lineament EW007. SKB P-05-55, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Axelsson C-L, Follin S, 2000. Grundvattensänkning och dess effekter vid byggnation och drift av ett djupförvar. SKB R-00-21, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Bosson E, Sassner M, Gustafsson L-G, 2009. Numerical modelling of surface hydrology and near-surface hydrogeology at Laxemar-Simpevarp. Site descriptive modelling, SDM Site Laxemar. SKB R-08-72, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Brantberger M, Janson T, 2009. Underground design Laxemar. Layout D2. Grouting. SKB R-09-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Brydsten L, Engqvist A, Näslund J-O, Lindborg T, 2009. Förväntade extremvattennivåer för havsytan vid Forsmark och Laxemar-Simpevarp fram till år 2100. SKB R-09-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Carlsson T, Brunberg, A-K, Brydsten L, Strömgren M, 2005. Oskarshamn site investigation. Characterisation of running waters, including vegetation, substrate and technical encroachments. SKB P-05-40, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Engdahl A, Ericsson U, 2004a. Oskarshamn site investigation. Sampling of freshwater fish. Description of the fish fauna in four lakes. SKB P-04-251, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Ericsson U, Engdahl A, 2004b. Oskarshamn site investigation. Benthic macro invertebrates. Results from sampling in the Simpevarp area 2004. SKB P-04-252, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Florgård C, Linnér H, Olsson M, Olsson S, Persson G, Wiklander G, 2000. Grundvattensänkning på Hallandsås: effekter på natur, jordbruk och skogsbruk. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Samhälls- och landskapsplanering 11)

Hamrén U, Collinder P, 2010. Vattenverksamhet i Laxemar-Simpevarp. Ekologisk fältinventering, naturvärdesklassificering samt beskrivning av produktionsmark. SKB R-10-23, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Hamrén U, Collinder P, Allmér J, 2010. Bortledning av grundvatten från en slutförvarsanläggning i Laxemar. Beskrivning av konsekvenser för naturvärden och produktionsmark. SKB R-10-22, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Ignell H, Karlsson J, Lundkvist E, Ramstedt H, Wahlman H, 2006. Naturmiljöbeskrivning och preliminär bedömning av konsekvenser för naturmiljö. Slutförvar för använt kärnbränsle vid Simpevarp/Laxemar. SKB P-06-102, Svensk Kärnbränslehantering AB.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt K B, Tignor M, Miller H L (eds). Cambridge: Cambridge University Press.

Joyce S, Simpson T, Hartley L, Applegate D, Hoek J, Jackson P, Roberts D, Swan D, Gylling B, Marsic N, Rhén I, 2011. Groundwater flow modelling of periods with temperate climate conditions – Laxemar. SKB R-09-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Leander M, Nyborg M, Lundqvist A, Eriksson M, Petersson J, 2009. Underground design Laxemar. Layout D2. Layout and construction plan. SKB R-09-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.

- Löfgren A (red), 2008.** The terrestrial ecosystems at Forsmark and Laxemar-Simpevarp. Site descriptive modelling, SDM-Site. SKB R-08-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Morosini M, Hultgren H, 2003.** Inventering av privata brunnar i Simpevarpsområdet, 2001–2002. SKB P-03-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Mårtensson E, Gustafsson L-G, Bosson E, 2009.** Effects on surface hydrology and near-surface hydrogeology of an open repository in Laxemar. Results of modelling with MIKE SHE. SKB R-09-36, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Naturvårdsverket, 2008.** Vattenverksamheter: handbok för tillämpningen av 11 kapitlet i miljöbalken. Stockholm: Naturvårdsverket. (Handbok 2008:5)
- Nordén S, Söderbäck B, Andersson E, 2008.** The limnic ecosystems at Forsmark and Laxemar-Simpevarp. Site descriptive modelling, SDM-Site. SKB R-08-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Nyborg M, Vestin E, Wilén P, 2004.** Oskarshamn site investigation. Hydrogeological inventory in the Oskarshamn area. SKB P-04-277, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Nyman H, Sohlenius G, Strömberg M, Brydsten L, 2008.** Depth and stratigraphy of regolith. Site descriptive modelling, SDM-Site Laxemar. SKB R-08-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Oskarshamns kommun, 2000.** Översiktsplan 2000 – Antagandehandling. Stadsbyggnadskontoret, Oskarshamns kommun.
- Pfeffer W T, Harper J T, O’Neel S, 2008.** Kinematic constraints on glacier contributions to 21st-century sea-level rise. *Science*, 321, pp 1340–1343.
- Rahmstorf S, 2007.** A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science*, 315, pp 368–370.
- Rhén I, Hartley L, 2009.** Bedrock hydrogeology Laxemar. Site descriptive modelling, SDM-Site Laxemar. SKB R-08-92, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ridderstolpe P, Stråe D, 2007.** Omhändertagande av förorenade vattenflöden från ett slutförvar i Oskarshamn. SKB P-07-148, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Rudmark L, Malmberg-Persson K, Mikko H, 2005.** Oskarshamn site investigation. Investigation of Quaternary deposits 2003–2004. SKB P-05-49, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2007.** Final repository facility. Underground design premises/D2. SKB R-07-33, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2008.** Plan 2008. Kostnader från och med år 2010 för kärnkraftens radioaktiva restprodukter. Underlag för avgifter och säkerheter åren 2010 och 2011. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2009a.** Site description of Laxemar at completion of the site investigation phase. SDM-Site Laxemar. SKB TR-09-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2009b.** Underground design Laxemar. Layout D2. SKB R-09-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Sohlenius G, Hedenström A, 2008.** Description of regolith at Laxemar-Simpevarp. Site descriptive modelling, SDM-Site Laxemar. SKB R-08-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Svensson U, Rhén I, 2011.** Groundwater flow modelling of the excavation and operation phases – Laxemar. SKB R-09-23, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Söderbäck B, Lindborg T, 2009.** Surface system Laxemar-Simpevarp. Site descriptive modelling, SDM-Site Laxemar. SKB R-09-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Werner K, 2009.** Description of surface hydrology and near-surface hydrology at Laxemar-Simpevarp. Site descriptive modelling, SDM-Site Laxemar. SKB R-08-71, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Werner K, 2010.** Vattenverksamhet i Laxemar-Simpevarp. Clab/inkapslingsanläggning (Clink) – bortledning av grundvatten, uttag av kylvatten från havet samt anläggande av dagvattendamm. SKB R-10-20, Svensk Kärnbränslehantering AB.

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

Werner K, Öhman J, Holgersson B, Rönnback K, Marelius F, 2008. Meteorological, hydrological and hydrogeological monitoring data and near-surface hydrogeological properties data from Laxemar-Simpevarp. Site descriptive modelling, SDM-Site Laxemar. SKB R-08-73, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Wijnbladh E, Aquilonius K, Floderus S, 2008. The marine ecosystems at Forsmark and Laxemar-Simpevarp. Site descriptive modelling, SDM-site. SKB R-08-03, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Opublicerade dokument

SKBdoc id, version	Titel	Utfärdare, år
1191152 ver 2.0	Bro över Laxemarån i Oskarshamn och kylvattenkanalen i Forsmark. Slutförvar för använt kärnbränsle. Förstudie.	SKB, 2010
1247710 ver 1.0	Konsekvenser för skogsproduktion av långtidsförvar av utbränt kärnbränsle vid Forsmark och Laxemar orsakat av varaktig sänkning av grundvattennivån.	SKB, 2010
1247711 ver 1.0	Effekter av grundvattensänkning på odlad mark vid byggande av slutförvar för använt kärnbränsle – Översiktlig bedömning för Laxemarområdet vid Oskarshamn.	SKB, 2010
1261197 ver 1.0	Hantering av länshållnings- och lakvatten – visualisering och precisering av förslag.	SKB, 2010

Förteckning över naturobjekt

Tabell B1-1. Identifierade och naturvärdesklassade naturobjekt i Laxemar /Hamrén och Collinder 2010/.

Objekt-ID (figurerna 3-11 och 3-12)	Naturtyp, objektbeskrivning	Naturvärdeklass	Namn/läge
6	Skog (ädellövskog)	Klass 3 (kommunalt värde)	Vid Laxemarån
9	Skog (ädellövskog)	Klass 3 (kommunalt värde)	Mellan Ströms gård och kraftledningen
10	Våtmark och skog (fuktäng och alskog)	Klass 4 (lokalt värde)	Utmed Laxemarån
12	Skog (ädellövskog); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Söder om Laxemarån
13	Skog (hassellund); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Söder om Laxemarån
14	Skog (lövängsrest/gles ädellövskog); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Mellan Laxemarån och väg 743
15	Skog (lövängsrest/trädbärande betesmark); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Söder om Laxemarån
16	Skog (ädellövskog); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Söder om Ström
17	Skog (lövängsrest); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Sydost om Laxemarån
18	Skog (ädellövskog); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Söder om väg 743
19	Skog (ädellövskog); objekt med naturvärde enligt Skogsstyrelsen	Klass 3 (kommunalt värde)	Ekhyddan
20	Skog (ädellövskog); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Väster om Ekhyddan
21	Skog (alsumpskog); objekt med naturvärde enligt Skogsstyrelsen	Klass 3 (kommunalt värde)	Norr om Ström
25	Skog (lövrik blandskog); objekt med naturvärde enligt Skogsstyrelsen	Klass 3 (kommunalt värde)	Norr om väg 743
27	Skog (lövrik blandskog)	Klass 2 (regionalt värde)	Norr om Åbyberg
28	Vattendrag	Klass 3 (kommunalt värde)	Laxemarån
29	Våtmark och skog (kärr och alsumpskog)	Klass 3 (kommunalt värde)	Sydväst om Glostad
30	Våtmark (vassdominerat kärr)	Klass 3 (kommunalt värde)	Norr om Ståludden
31	Våtmark	Klass 3 (kommunalt värde)	Söder om Bikullen
32	Skog (blandskog)	Klass 3 (kommunalt värde)	Söder om Bikullen
33	Våtmark	Klass 4 (lokalt värde)	Nordost om Glostad
34	Våtmark	Klass 3 (kommunalt värde)	Söder om Glostad
35	Våtmark (intermediärt kärr)	Klass 4 (lokalt värde)	Väster om Äkvik
37	Våtmark	Klass 4 (lokalt värde)	Söder om Stora Laxemar
38	Vattendrag	Klass 4 (lokalt värde)	Söder om Stora Laxemar
39	Småvatten (damm)	Klass 4 (lokalt värde)	Väst-nordväst om Åbyberg
40	Skog (klibbalsumpskog)	Klass 4 (lokalt värde)	Söder om Hultenäs
43	Våtmark (skogsklädd mosse)	Klass 4 (lokalt värde)	Nordost om Lilla Basthult
44	Småvatten	Klass 4 (lokalt värde)	I kraftledningsgata
45	Skog (lövängsrest); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Nordost om Kvarnstugan
46	Våtmark (skogsklädd myr)	Klass 4 (lokalt värde)	Sydost om Hultenäs
47	Våtmark (mager fastmattemyr)	Klass 4 (lokalt värde)	Sydväst om Lilla Laxemar
48	Småvatten (damm)	Klass 4 (lokalt värde)	Nordväst om Ekhyddan
49	Våtmark	Klass 4 (lokalt värde)	Öster om Ström

Objekt-ID (figurerna 3-11 och 3-12)	Naturtyp, objektbeskrivning	Naturvärdeklass	Namn/läge
51	Våtmark (fuktängar)	Klass 4 (lokalt värde)	Väster om Ekerum och söder om Lilla Laxemar
52	Våtmark (mager/fattig fastmattemyr)	Klass 4 (lokalt värde)	Öster om väg 743
53	Våtmark och skog (skogsklädd våtmark och sumpskog)	Klass 4 (lokalt värde)	Sydost om Frisksjön
54	Våtmark och skog (skogsklädd våtmark och sumpskog)	Klass 4 (lokalt värde)	Sydost om Frisksjön
55	Våtmark (delvis öppen mosse)	Klass 4 (lokalt värde)	Söder om Frisksjön
56	Sjö	Klass 3 (kommunalt värde)	Frisksjön
57	Våtmark	Klass 4 (lokalt värde)	Utmed väg 743
58	Våtmark (mager/fattig fastmattemyr/mosse)	Klass 4 (lokalt värde)	Sydväst om Stora Laxemar
59	Våtmarker	Klass 4 (lokalt värde)	Söder om Hultenäs
62	Skog (ädellövsog); objekt med naturvärde enligt Skogsstyrelsen	Klass 3 (kommunalt värde)	Sydväst om Hultenäs
65	Skog (skogskärr)	Klass 4 (lokalt värde)	Nordost om Hultenäs
66	Skog (lövrik barrnaturskog); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Söder om Hultenäs
67	Skog (björksumpskog)	Klass 4 (lokalt värde)	Sydväst om Hultenäs
68	Våtmark	Klass 4 (lokalt värde)	Norr om Kvarnstugan
69	Småvatten	Klass 4 (lokalt värde)	Utmed väg 743, i höjd med Ekhyddan
70	Våtmark (två kärr)	Klass 4 (lokalt värde)	Sydost om Mederhult
71	Skog (ädellövsog); objekt med naturvärde enligt Skogsstyrelsen	Klass 3 (kommunalt värde)	Nordväst om Åkvik
72	Skog (lövängsrest); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Väster om Åkvik
73	Skog (ädellövsog); objekt med naturvärde enligt Skogsstyrelsen	Klass 3 (kommunalt värde)	Norr om Glostad
74	Skog (aspskog); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Norr om Riket
75	Våtmark	Klass 4 (lokalt värde)	Utmed väg 743, sydost om Stora Laxemar
76	Våtmark (myr)	Klass 4 (lokalt värde)	Öster om Frisksjön
77	Våtmark	Klass 4 (lokalt värde)	Längs östra kanten av Frisksjön
78	Skog (ädellövrik blandlövsog)	Klass 4 (lokalt värde)	Vid Glostad
79	Våtmark	Klass 4 (lokalt värde)	Sydost om Laxemarån
80	Skog (al- och björksumpskog)	Klass 4 (lokalt värde)	Öster om Laxemarån
81	Skog (ädellövsog); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Vid Ekhyddan
82	Skog (sumpskog med björk och klippal)	Klass 4 (lokalt värde)	Vid Ekhyddan
83	Småvatten	Klass 4 (lokalt värde)	Västnordväst om Ström
84	Småvatten	Klass 3 (kommunalt värde)	Norr om Åbyberg
85	Skog (ädellövsog); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Sydost om Lilla Basthult
86	Skog (lövängsrest); nyckelbiotop enligt Skogsstyrelsen	Klass 2 (regionalt värde)	Öster om Kvarnstugan
87	Skog (grandominerad barrblandskog)	Klass 3 (kommunalt värde)	Nordost om Kvarnstugan
88	Skog (ekdominerad)	Klass 3 (kommunalt värde)	På Hålö