

## **Underlag till ansökan om dispens enligt artskyddsförordningen Slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark**

Svensk Kärnbränslehantering AB

Februari 2011

**Svensk Kärnbränslehantering AB**

Swedish Nuclear Fuel  
and Waste Management Co

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



ISSN 1651-4416

SKB P-11-04

# **Underlag till ansökan om dispens enligt artskyddsförordningen**

## **Slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark**

Svensk Kärnbränslehantering AB

Februari 2011

## Förord

Underlag till ansökan om dispens enligt artskyddsförordningen är upprättat av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Ansvarig för underlaget är Erik Setzman. Handläggare för framtagande av underlaget har varit Mikael Gontier (SKB), Per Collinder (Ekologigruppen AB), Kent Werner (Emptec) och Peter Ridderstolpe (WRS Uppsala AB).

# Sammanfattning

SKB har valt Forsmark i Östhammars kommun som plats för slutförvaret för använt kärnbränsle.

Forsmark är ett område med stor artrikedom, framför allt knuten till områdets våtmarker. De viktigaste miljöerna ur naturvårdssynpunkt är rikkärren och kalkgölar. Den ur naturvårdssynpunkt viktigaste växtarten är gulyxne, som i undersökningsområdet återfinns på fyra lokaler av cirka 100 i Sverige. Vad gäller faunan är förekomsten av gölgroda det viktigaste enskilda värdet. Gölgrodan finns i Sverige endast i kustområdet i norra Uppland och är beroende av de öppna gölar som ständigt nybildas när landet sakta höjer sig ur havet. Rikkärren och gölarna är viktiga även för andra artgrupper, såsom landsnäckor, trollsländor och mossor.

Etableringen av slutförvarets ovanmarksanläggning innebär att ett cirka sju hektar stort område behöver fyllas ut med massor. Inom detta område finns tre gölar med stora naturvärden. Två av dessa kommer att fyllas igen helt och en till hälften.

Den planerade verksamheten innebär också att grundvatten från slutförvarsanläggningen behöver ledas bort. Därmed riskerar grundvattenytan att sänkas eller få ändrad flödesriktning i ett område på ungefär 500 hektar.

I området förekommer många arter som är skyddade enligt artskyddsförordningen. SKB gör bedömningen att de effekter och konsekvenser som den planerade verksamheten kan innebära för ett antal skyddade arter kräver dispens från artskyddsförordningen.

SKB har arbetat utifrån utgångspunkten att dispens behövs för skyddade arter som påverkas så att åtgärder krävs för att bevarandestatusen för arten inte ska påverkas negativt, samt för skyddade arter som kan komma att påverkas i liten omfattning och har en gynnsam bevarandestatus.

Däremot behövs ingen dispens för skyddade arter som inte påverkas av den planerade verksamheten.

SKB söker dispens för de skyddade arterna gölgroda och orkidén gulyxne samt större vattensalamander. Dessa tre arter bedöms kunna påverkas av utbyggnaden av slutförvaret på ett sådant sätt att åtgärder behövs för att säkerställa att upprätthållande av en gynnsam bevarandestatus för dessa arter inte påverkas negativt.

För gölgrodan krävs dispens då livsmiljöer för gölgrodan kommer att förstöras. Vidare krävs också dispens för att i samband med utfyllnaden av befintliga gölar kunna fånga och därmed rädda individer. Slutligen riskerar gölar med förekomst av gölgroda att påverkas av en grundvattensänkning. För gulyxne och större vattensalamander bedömer SKB att dispens kan behövas då individer av båda arterna indirekt kan skadas av en grundvattensänkning.

SKB söker också dispens för andra skyddade arter som kan komma att påverkas av den planerade verksamheten men för vilka inga specifika åtgärder planeras. För dessa arter bedöms inte den planerade verksamheten påverka den lokala bevarandestatusen. Det beror på att dessa arter påverkas i liten omfattning, att de har en gynnsam bevarandestatus och att de finns i täta populationer inom och runt området. Dessa arter är:

- Pudrad kärrtrollslända
- Citronfläckad kärrtrollslända
- Havsörn
- Åkergroda
- Mindre vattensalamander
- Vanlig groda
- Vanlig padda
- Snok
- Kärrknipprot
- Ängsnycklar

- Jungfru Marie nycklar
- Nattviol
- Grönvit nattviol
- Nästrot
- Skogsnycklar
- Skogsknipprot
- Dvärglummer
- Tvåblad
- Brudsporre
- Käppkrokmossa

För gölgroda, gulyxne och större vattensalamander planeras följande åtgärder:

1. Anläggning av fyra nya grodgölar i god tid före igenfyllnad av de gölar som påverkas av utfyllnad. De nya gölarna kommer att medverka till att populationerna i området av både gölgroda och större vattensalamander säkerställs.
2. Beredskap för konstgjord infiltration av grundvatten i fem gölar med höga naturvärden. Åtgärderna medför att miljöernas ekologiska kontinuitet, och därmed förutsättningar för gölgroda och större vattensalamander, säkerställs i dessa gölar. Det medför också att livsmiljö för gulyxne säkerställs.

En ytterligare konsekvens är att arterna käppkrokmossa och brudsporre undgår att skadas samt att en rad andra skyddade arter som är knutna till dessa miljöer gynnas.

Utöver ovanstående åtgärder planeras andra insatser som också bidrar till att begränsa konsekvenser för skyddade arter i området. Under uppförande och drift av slutförvarsanläggningen kommer berget att tätas genom injektering i syfte att minska inläckage av grundvatten till slutförvarets bergutrymmen. Det innebär att påverkan på grundvattennivåerna och konsekvenser för våtmarker i viss mån kan begränsas. Vidare planerar SKB att ta fram en skötselplan för SKB:s mark i Forsmark som innefattar naturvårdsinsatser.

En noggrann utredning om förutsättningarna för ovanstående åtgärder har genomförts. Möjligheterna att skapa nya gölar har i andra sammanhang provats med goda resultat i Gårdskärsområdet. Konstgjord infiltration av grundvatten är beprövad teknik men har inte tidigare använts för att bibehålla grundvattennivåer i rikkärr och ytvattennivåer i kalkgölar. Därför avser SKB att testa de tekniska aspekterna av metoden genom ett tidsmässigt avgränsat pilotförsök vid en våtmark i Forsmark, i god tid innan någon påverkan på grundvattennivåerna kommer att ske. Pilotförsöket kommer att ge SKB praktiska erfarenheter inför eventuell tillförsel av vatten till en eller flera våtmarker under slutförvarsanläggningens uppförande- och/eller driftskede.

För att veta om och när ett system för konstgjord infiltration behövs måste grundvattennivåerna följas upp. Mätningar av normala (opåverkade) grundvattennivåer sker redan i dag och kommer att kompletteras med mätningar i ett referensområde som inte kommer att påverkas av slutförvarsanläggningen. Om grundvattennivåerna mellan Forsmark och referensområdet börjar skilja sig på ett onaturligt sätt kommer infiltrationsåtgärder att vidtas.

Sammantaget bedöms det som tekniskt och ekologiskt genomförbart att bevara populationerna av de i artskyddsförordningen upptagna arterna genom de åtgärder som föreslås. Därmed bedöms inte upprätthållandet av en gynnsam bevarandestatus för skyddade arter i området påverkas negativt av den planerade verksamheten.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	9
<b>2</b>	<b>Projektet och lokaliseringen</b>	11
2.1	Verksamhetsbeskrivning	11
2.2	Val av plats och läge	12
<b>3</b>	<b>Område och skyddade arter</b>	15
3.1	Område som påverkas av ovanmarksanläggningar	15
3.2	Område som kan påverkas av grundvattensänkning	17
3.3	Områdets framtida utveckling	20
3.4	Skyddade arter i området	20
3.4.1	Skydd enligt 4 § artskyddsförordningen	21
3.4.2	Skydd enligt 6 § artskyddsförordningen	22
3.4.3	Skydd enligt 7 § artskyddsförordningen	22
3.4.4	Skydd enligt 8 § artskyddsförordningen	22
<b>4</b>	<b>Verksamhetens påverkan på miljöer om planerade skyddsåtgärder inte vidtas</b>	25
4.1	Driftområdet – Läget Söderviken	25
4.2	Bortledande av grundvatten från slutförvarsanläggningen	26
4.2.1	Hydrogeologiska och hydrologiska effekter	26
4.2.2	Konsekvenser för arter som är skyddade enligt artskyddsförordningen	28
4.3	Övriga störningar	30
<b>5</b>	<b>Förväntade konsekvenser för skyddade arter om planerade åtgärder inte vidtas</b>	31
5.1	Bakgrund till bedömningar	31
5.2	Arter skyddade enligt 4 § i artskyddsförordningen	32
5.2.1	Arter som kommer eller riskerar att påverkas	33
5.2.2	Arter utan risk för påverkan	36
5.3	Arter skyddade enligt 6 § i artskyddsförordningen	36
5.3.1	Arter som kommer eller riskerar att påverkas	36
5.3.2	Arter utan risk för påverkan	37
5.4	Arter skyddade enligt 7 § i artskyddsförordningen	37
5.4.1	Arter som kommer eller riskerar att påverkas	37
5.4.2	Arter utan risk för påverkan	38
5.5	Arter skyddade enligt 8 § artskyddsförordningen	38
5.5.1	Arter som kommer eller riskerar att påverkas	39
5.5.2	Arter utan risk för påverkan	40
<b>6</b>	<b>Planerade åtgärder för bevarande av ekologisk kontinuitet</b>	41
6.1	Fokusarter för åtgärder	41
6.1.1	Gölgroda	41
6.1.2	Större vattensalamander	41
6.1.3	Gulyxne	41
6.2	Tätning av slutförvarsanläggningens undermarksdelar	42
6.3	Nya gölar för gölgrodan	42
6.3.1	Omfattning och ambition för skapande av nya gölar	42
6.3.2	Principer för skapande av nya gölar	43
6.3.3	Skötsel	44
6.3.4	Skyddsåtgärder för göl 13b	45
6.3.5	Åtgärder innan utfyllnad av befintliga gölar	45
6.4	Vattentillförsel till kalkgölar och rikkärr	45
6.4.1	Bakgrund och syfte	45
6.4.2	Förutsättningar för vattentillförsel	46
6.4.3	System för vattentillförsel	47
6.4.4	Vattentillförselns förväntade effekter	47

6.4.5	Förslag på genomförande och tidplan	49
6.4.6	Pilotstudie	49
6.5	Skötsel av SKB:s mark i Forsmark	49
6.6	Uppföljning och kontrollprogram	50
6.6.1	Nya gölgrodelokaler	50
6.6.2	Vattentillförsel till våtmarker	51
<b>7</b>	<b>Förväntade konsekvenser med planerade åtgärder</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>Övriga formella krav</b>	<b>55</b>
8.1	Formella krav för skapande av nya gölar för gölgradan	55
8.2	Formella krav för vattentillförsel till våtmarker	55
<b>9</b>	<b>Referenser</b>	<b>57</b>
<b>Bilaga 1</b>	Platsbeskrivning för nya gölar	59
<b>Bilaga 2</b>	MIKE SHE-beräknade tidsserier på våtmarkernas vattenbehov	63
<b>Bilaga 3</b>	Vattentillförsel till kalkgölar och rikkärr	65
<b>Bilaga 4</b>	Effekter av vattentillförsel på grundvattenytans nivå	75
<b>Bilaga 5</b>	Vattentillförsel till våtmarker: Uppföljning och kontrollprogram	85

# 1 Introduktion

SKB kommer att lämna in ansökningar om tillstånd och tillåtlighet enligt miljöbalken och enligt kärntekniklagen att få uppföra och driva en slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle i Forsmark. I slutförvarsanläggningen ska använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken placeras i syfte att skydda människors hälsa och miljön mot skadlig verkan från joniserande strålning. Uppförande och drift av slutförvarsanläggningen i Forsmark kommer att ge påverkan, effekter och konsekvenser för naturmiljön. Ianspråktagandet av mark vid uppförande av anläggningen samt påverkan på grundvattennivån till följd av grundvattenbortledning bedöms innebära negativa konsekvenser för arter upptagna i artskyddsförordningen. Den planerade verksamheten kräver därmed dispens från artskyddsförordningen (SFS 2007:845).

Syftet med detta dokument är att ge ett underlag för en ansökan om dispens enligt 14 § artskyddsförordningen från förbudet i 4, 6, 7 och 8 §§ artskyddsförordningen. En utgångspunkt för dispensansökan är att den planerade verksamheten bedöms ha ett sådant ”allt överskuggande allmänintresse” som föreskrivs i 14 § artskyddsförordningen.

I dokumentet redovisas påverkan, effekter och konsekvenser av den planerade verksamheten på arter upptagna i artskyddsförordningen. Effekterna på skyddade arter kan delas in i två kategorier:

- *Direkta effekter* på skyddade arter och deras livsmiljöer genom ianspråktagande av mark.
- *Indirekta effekter* på skyddade arter och deras livsmiljöer i samband med bortledning av grundvatten och påverkan på grundvattennivåer.

Dokumentet innehåller också en beskrivning av de åtgärder som planeras för att förebygga, begränsa samt kompensera för de effekter och konsekvenser som verksamheten kan komma att ge upphov till. Genom att ansöka om dispens enligt 14 § artskyddsförordningen i separat ordning från ansökan om tillstånd enligt 9 och 11 kapitlen miljöbalken, avser SKB att säkerställa att föreslagna åtgärder ska kunna planeras och genomföras i god tid innan påverkan på skyddade arter inträffar och därmed se till att arternas bevarandestatus inte påverkas negativt av den planerade verksamheten.

Dispensansökan omfattar endast de arter i artskyddsförordningen (liksom livsmiljöerna för dessas arter när dessa skyddas av förordningen) som förekommer inom påverkansområdet för SKB:s planerade verksamhet i Forsmark.



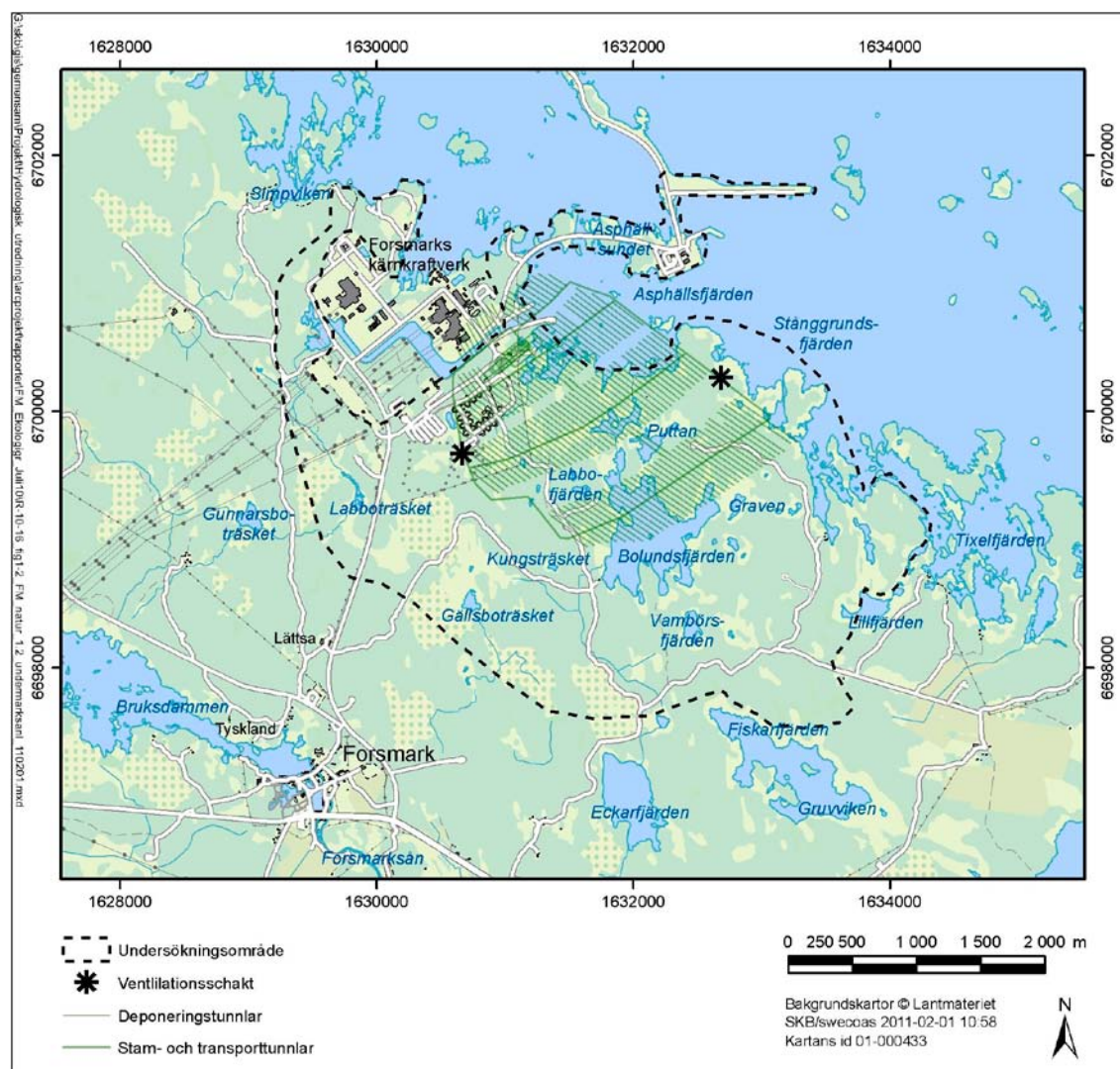
## 2 Projektet och lokaliseringen

### 2.1 Verksamhetsbeskrivning

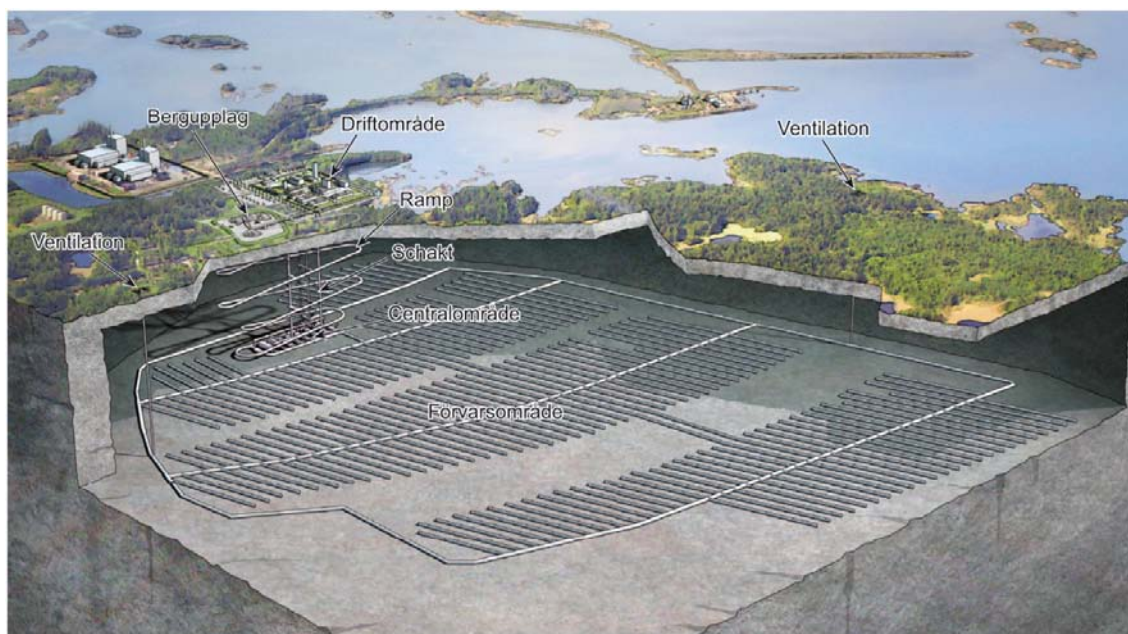
SKB kommer under våren 2011 att ansöka om att få uppföra, driva och försluta slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle i Forsmark, Östhammars kommun, se figur 2-1. Anläggningen består av en ovanmarksdel och undermarksdel. Ovanmarksdelen består av ett driftområde som samlar anläggningens centrala funktioner ovan mark. I anslutning till driftområdet kommer ett bergupplag samt anläggningar för vattenrening att etableras.

Undermarksdelen består av ett centralområde samt ett system av transporttunnlar, stamtunnlar och deponeringstunnlar. Undermarksdelen för ett fullt utbyggt förvar visas i figur 2-2. Ovan- och undermarksdelarna förbinds med schakt för ventilation, persontransporter och berghiss (shipschakt) samt med en spiralformad ramp för fordonstransporter. Ytterligare två schakt med ventilationsstationer planeras.

Uppförandet av slutförvarsanläggningens ovanmarksdel innebär att mark tas i anspråk för etablering av driftområdet, bergupplaget och ventilationsstationer. Inläckande grundvatten kommer att ledas bort från förvarets undermarksdel, vilket kommer att påverka grundvattennivåerna i området.



**Figur 2-1.** Slutförvarets totala utbredning. Undersökningsområdet avser det område där inventeringar av naturvärden gjorts.



*Figur 2-2. Slutförvarsanläggningens ovanmarks- och undermarksdelar.*

## 2.2 Val av plats och läge

Placeringen och utformningen av slutförvarsanläggningen i Forsmark bygger i grunden på att alla anläggningsdelar under jord ska inrymmas inom den så kallade tektoniska lins som finns sydost om kärnkraftverket. Bergförhållandena inom linsen är gynnsamma, till skillnad från i omgivningen där berggrunden till delar är starkt deformerad. Andra utgångspunkter har varit att ovanmarksanläggningarna ska kunna placeras på industrimark för att begränsa miljökonsekvenserna, samt att slutförvarets ovanmarks- och undermarksdelar ska kunna förbindas på ett rationellt sätt, med ramp och schakt.

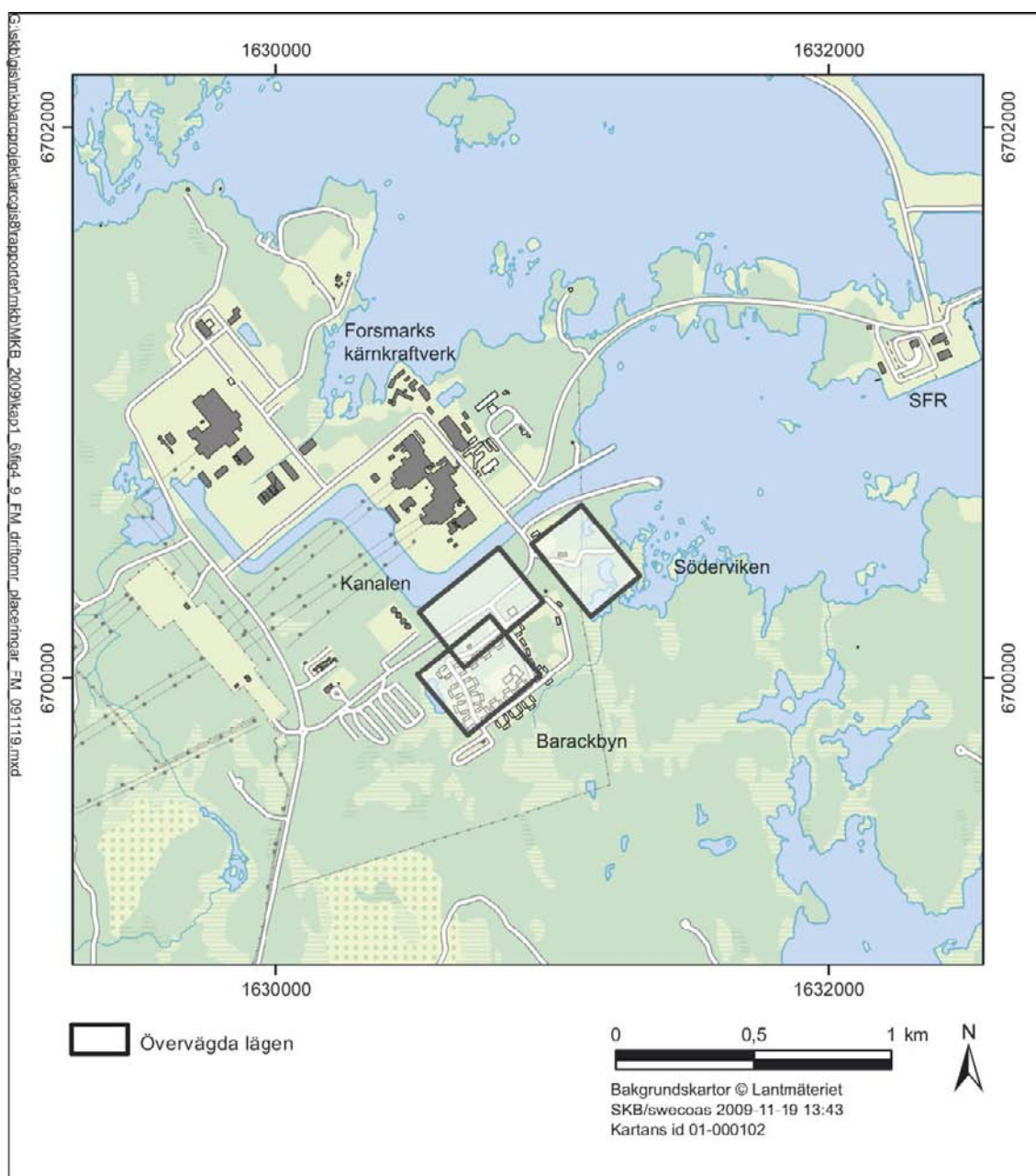
Dessa utgångspunkter har lett fram till att ovanmarksdelarna bör samlas inom ett driftområde på södra delen av industriområdet i Forsmark. Där har olika lägen för driftområdet övervägts, se figur 2-3. De tre lägen som bedömdes möjliga benämns i figuren Barackbyn, Kanalen och Söderviken. Platsundersökningen mellan åren 2002 och 2007 gav successivt underlag för att välja den plats som benämns Söderviken. Figur 2-4 visar planerad utformning av anläggningarna på denna plats.

Förutsättningarna att tillgodose kraven på långsiktig säkerhet bedömdes likvärdiga för de alternativa lägena för driftområdet, eftersom de bygger på i huvudsak samma layout för själva förvaret. Huvudmotivet för att överväga olika lägen var att den övre delen av berggrunden (ner till som mest cirka 200 m) visade sig vara lokalt kraftigt vattenförande, vilket kan komplicera byggandet av schakt och ramp avsevärt. Mäktigheten av detta vattenförande parti minskar mot norr och nordost. Undersökningarna visade på gynnsamma och jämförbara förhållanden för lägena Kanalen och Söderviken i detta avseende, men avgörande nackdelar för Barackbyn på grund av större mäktighet på den vattenförande zonen. Bergförhållandena på större djup bedömdes tala till Södervikens fördel, eftersom drifanläggningarna på förvarsnivå där kunde placeras mera gynnsamt i förhållande till tolkade deformationszoner.

Jämförelser mellan Kanalen och Söderviken ur andra aspekter visade på nackdelar för Kanalen. Det gällde dels en möjlig risk för hydraulisk påverkan från den närbelägna kylvattenkanalen, dels svårbedömda farhågor för ömsesidiga störningar till följd av närheten till kärnkraftverket och dess kringfunktioner. Söderviken däremot nyttjar befintlig infrastruktur på ett bra sätt, samtidigt som slutförvarsanläggningens och kärnkraftverkets verksamheter kan hållas åtskilda och utvecklas oberoende av varandra.

Den sammanvägda bedömningen av förutsättningar ovan och under mark var att Söderviken är det mest fördelaktiga läget med avseende på funktion och genomförande, vilket motiverade SKB:s val av Söderviken.

Slutförvarsanläggningens placering och utformning står i överensstämmelse med gällande planbestämmelser för Forsmark. År 2003 antogs översiktsplanen (ÖP 2000) i vilken området söder om Forsmarks kärnkraftverk anges som potentiellt gynnsamt för uppförandet av ett slutförvar för använt kärnbränsle. Vidare medges i detaljplanen för området möjlighet att uppföra en slutförvarsanläggning. Området är utpekad som riksintresse för slutförvaring av använt kärnbränsle.



Figur 2-3. Karta med de övervägda lägena för driftområdet ovan mark (Barackbyn, Kanalen och Söderviken).



*Figur 2-4. Fotomontage av ovanmarksanläggningen vid Söderviken.*

## 3 Område och skyddade arter

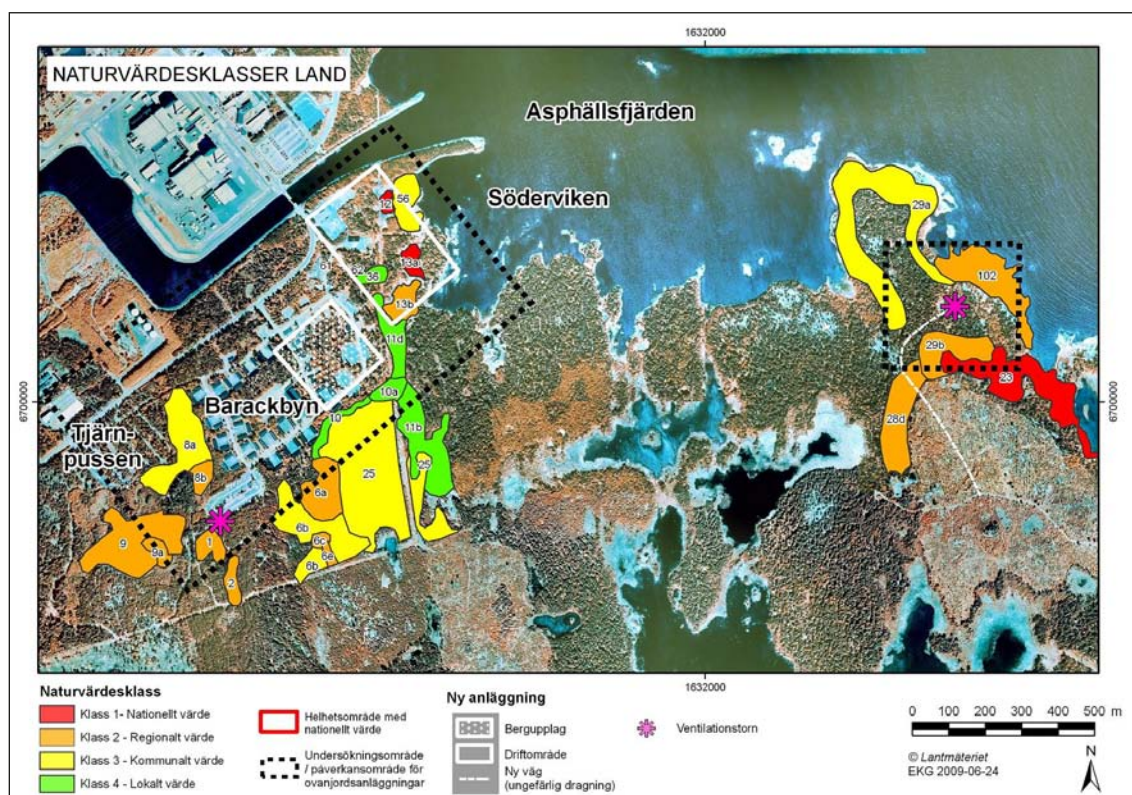
### 3.1 Område som påverkas av ovanmarksanläggningar

Naturvärdena i anslutning till det aktuella påverkansområdet för driftområde och bergupplag (se figur 3-1) utgörs huvudsakligen av rikkärsmiljöer och gölar. Två av gölarna som berörs av driftområdet bedöms vara av nationellt värde, klass 1 (objekt 12 och 13a). Denna bedömning grundar sig framför allt på förekomsten av gölgröda. Gölgrödan är upptagen som sårbar (VU) i Artdatabankens rödlista och finns i Sverige bara utmed den norra delen av Upplandskusten. Miljöerna söder om Forsmarks kärnkraftverk utgör således en viktig del av gölgrödans totala livsmiljö i landet. Dock ligger de gölar som ska fyllas igen inte centralt i området och bedöms inte tillhöra de bästa gölarna.

En liten sjö benämnd Tjärnpussen har klassats som naturvärde av klass 3 (kommunalt värde). SKB planerar att använda Tjärnpussen som ett sista steg i reningen av lakvattnet från bergupplaget. Tjärnpussen reglerades i samband med byggandet av kärnkraftverket. Den hyser inte gölgröda men två trollsländearter, som är upptagna i art- och habitatdirektivets bilaga 4 och därmed är skyddade enligt artskyddsförordningen, har observerats där. I anslutning till den östra ventilationsstationen finns en våtmark som bedöms vara av nationellt värde (klass 1).

#### Gölar med gölgrödor

Gölar som skall fyllas igen ligger inte centralt i gölgrödornas förekomstområde i Forsmark och bedöms därför ur spridningssynpunkt inte vara de viktigaste i området. Göl nummer 12 är i sig en bra miljö med reproduktion konstaterad. Spridningsmöjligheterna från denna göl är dock begränsade av kylvattenkanalen och kärnkraftverket i norr.



**Figur 3-1.** Naturvärden som kan komma att påverkas av ianspråktagande av mark i samband med uppförande av slutförvarsanläggningen i Forsmark. Ovanmarksanläggningar förläggs inom områden med streckad svart linje. Ventilationsstationer betecknas med stjärnor. De vattenområden som ska fyllas igen vid uppförandet av driftområdet benämns 12, 13a, 13b och 36 (13b ska endast delvis fyllas igen).

Därför bedöms inte hela populationen riskeras av att dessa två gölar fylls igen, men en tydlig populationsminskning är att vänta om inga åtgärder vidtas. Utöver de två nämnda kommer ytterligare en göl att delvis fyllas igen (objekt 13b) men i denna har gölgröda inte observerats.

De tre gölar som kommer att fyllas benämns norra-, mellersta- och södra gölen och beskrivs nedan.

**Den norra gölen** (12) har ett litet avrinningsområde och är väl avskild från havet av morän och bergryggar som ingenstans är lägre än cirka 2 m över havet. I gölens nordöstra kant har ett djupt dike grävts genom moränryggen ut mot havet. Vattengången i detta dike ligger några decimeter över normal vattenyta i gölen vilket innebär att gölen står i kontakt med havet vid högvatten. I gölen reproducerar gölgrödan sig. En negativ faktor är att det finns storspigg i gölen. Troligen kan beståndet variera beroende på årsmån (naturlig variation mellan år, till exempel beroende på olika temperaturbetingelser och andra väderleksberoende faktorer). Gölen är mycket grund och bedöms till större delen ha fast botten.

**Den mellersta gölen** (13a) är förbunden med den **södra gölen** (13b) med en smal midja med stövel-djupt vatten (se figur 3-2). I midjan växer vass delvis utbildade som flytmattor. I den södra gölens nordöstra del finns utloppet som avbördar vattnet från båda gölarna ut i havet. Den södra gölen mottar i sin tur vatten från cirka 40 hektar kärr- och skogsmark /Ridderstolpe och Stråe 2010/.

Gölarna 13a och 13b är betydligt större och djupare än den norra gölen och är inte så väl isolerade från havet som denna. Den mellersta gölen har vid högvatten kontakt med havet i två lågpunkter, dels vid utloppet i norr, dels strax norr om ”midjan” på den plats där fyllnadsmassor har lagts upp. Den södra gölen har förutom midjan mot den norra gölen en lågpunkt mot havet i form av ett dike som är grävt genom en bred moränrygg i den sydöstra delen. Dikets vattengång är några decimeter över tröskeln från den mellersta gölen. I 13a (mellersta gölen) finns abborre, mört, sarv, sutare och gädda och i 13b ett blandbestånd av mört, sarv och ruda. Då de båda sjöarna har förbindelse med varandra lär samtliga fiskarter finnas i båda gölarna. Förekomsten av fisk minskar värdet för gölgröda. Gölgröda har observerats spela i den mellersta gölen men ingen reproduktion har kunnat konstateras. I den södra gölen, 13b, har gölgröda inte observerats men då gölarna har förbindelse med varandra kan gölgröda uppehålla sig i denna.



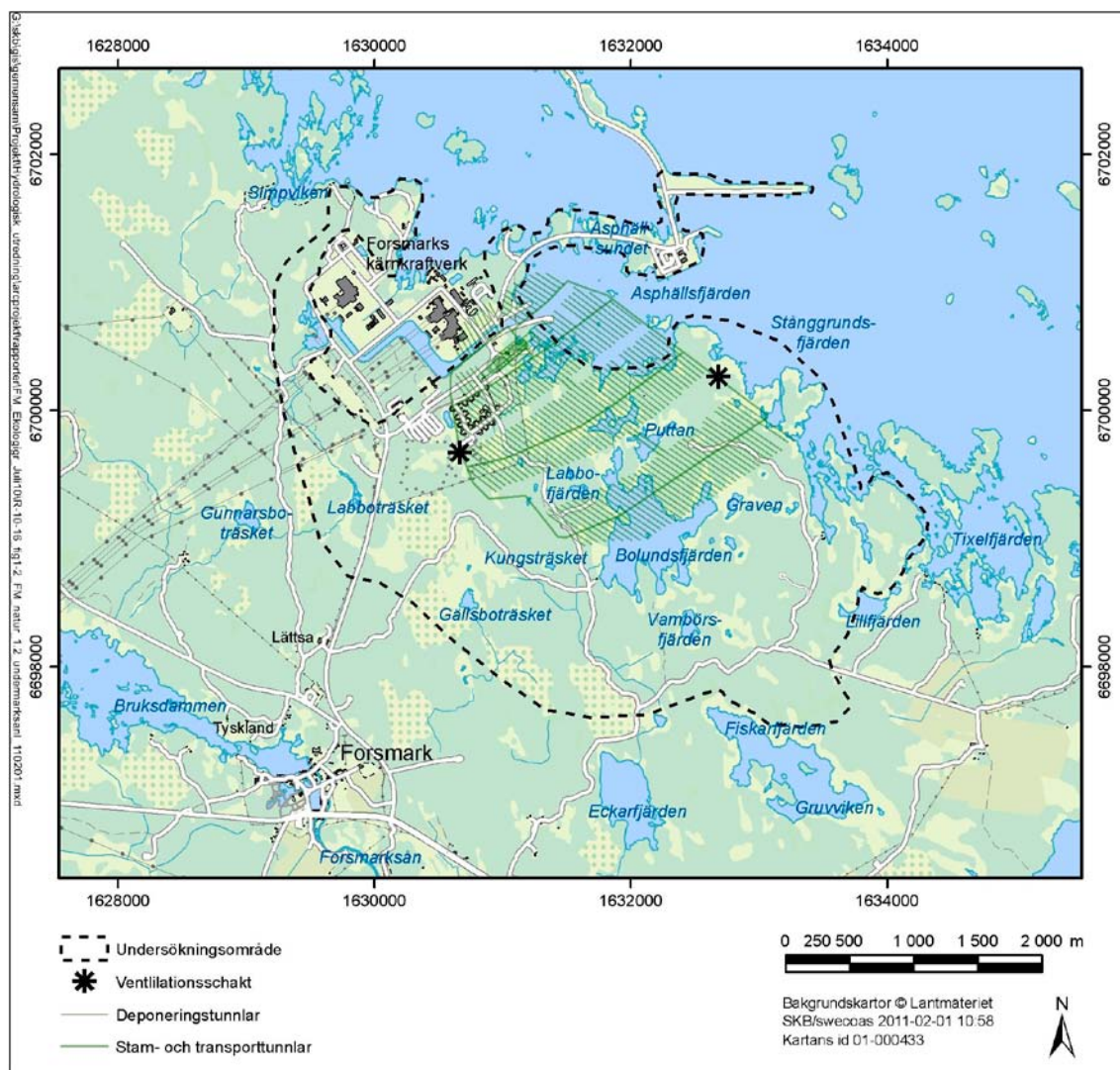
**Figur 3-2.** Den mellersta gölen är förbunden med den Södra gölen via en grund midja med stövel djupt vatten. I midjan växer vass delvis utbildade som flytmattor (i bildens bortre del).

### 3.2 Område som kan påverkas av grundvattensänkning

Forsmarksområdet är värdefullt ur naturvårdssynpunkt. Det beror på att flera olika ovanliga omständigheter samverkar:

- Kusten är mycket flack med små men betydelsefulla höjdvariationer.
- Strandlinjeförskjutningen är relativt stor.
- Marken är kalkrik.
- Området ligger i en skärningspunkt mellan nordliga och sydliga naturtyper.
- Förutom vid kärnkraftverket är området förhållandevis ostört.

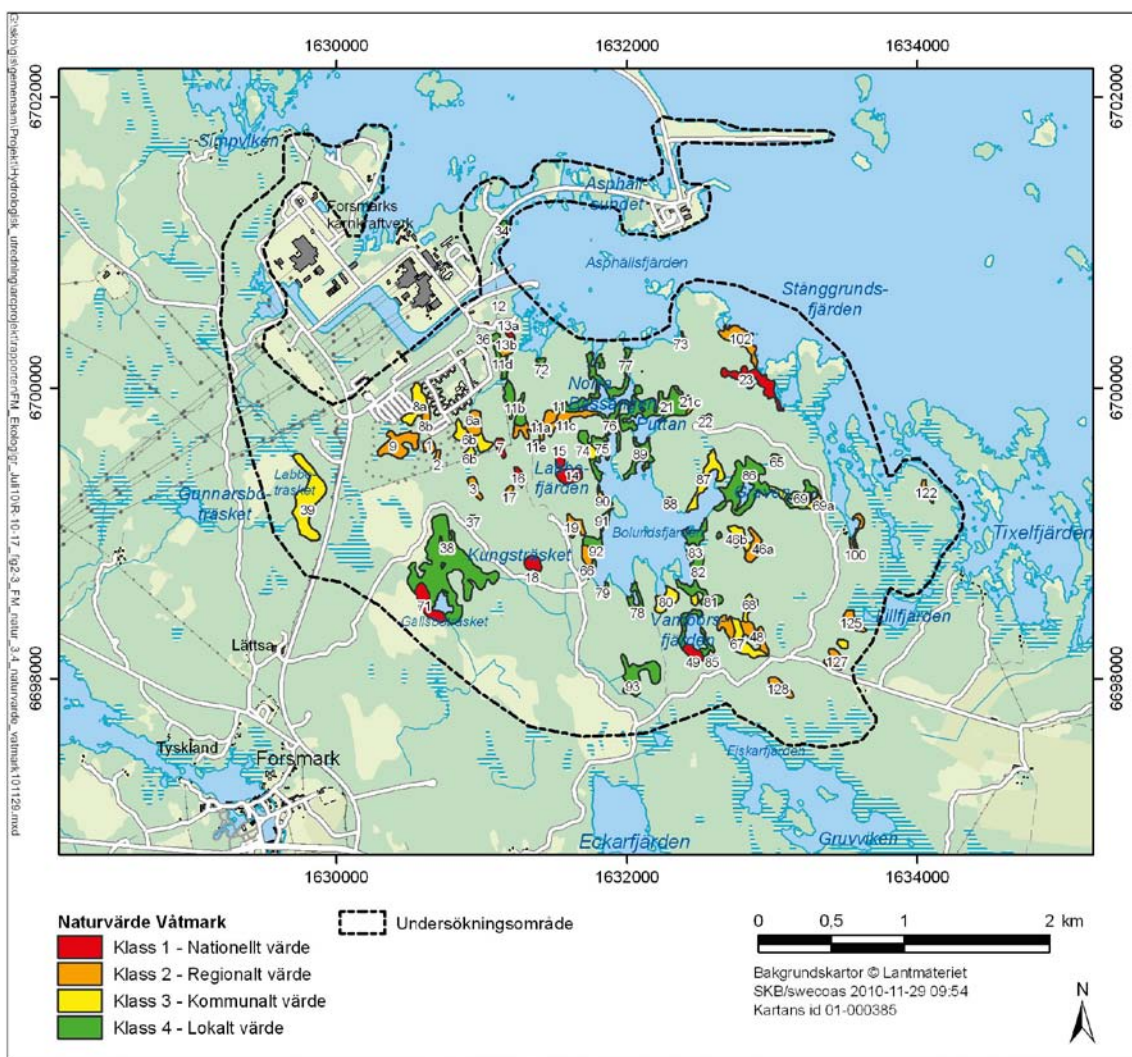
Ovanstående förutsättningar finns omfattande och detaljerat beskrivet i en rad rapporter inom arbetet med platsundersökningarna. Sammantaget är det i Sverige enbart i norra Uppland som samtliga ovanstående naturförutsättningar återfinns.



**Figur 3-3.** Undersökningsområdet (streckat) ingår i ett helhetsområde med likartade miljöer. Naturvårderna är framför allt knutna till de kalkrika gölarna, rikkärren och kalkrika barrskogarna.

Landhöjningen i kombination med den flacka kusten, med sina små oregelbundna höjdskillnader, har bidragit till att nya havsvikar ständigt snörts av så att en succession av nya insjöar, gölar, kärr och strandängar bildats. Dessa olika naturtyper har ett högt värde för den biologiska mångfalden och är som helhet mycket ovanliga, nationellt sett. Resultatet är ett område med en mycket stor artrikedom, framför allt knuten till områdets våtmarker. De viktigaste miljöerna ur naturvärdes synpunkt är rikkärren och kalkgölar. Rikkärr är en ovanlig naturtyp och när de ligger samlade i stor mängd intill varandra, som i Forsmark, ges förutsättningar för en mängd ovanliga arter. Framför allt är florán ovanligt artrik med en stor blomsterprakt av orkidéer och andra arter knutna till kalkrika fuktiga miljöer. Forsmarkskärren innehåller totalt över 50 arter som är typiska för naturtypen. Den ur naturvårdssynpunkt viktigaste växtarten är gulyxne som i undersökningsområdet återfinns på fyra lokaler av totalt cirka 100 lokaler i Sverige.

Vad gäller faunan är förekomsten av gölgröda det viktigaste enskilda värdet. Gölgrödan finns i Sverige endast i kustområdet i norra Uppland och är beroende av de öppna gölar som ständigt nybildas när landet sakta höjer sig ur havet. Rikkärren och gölar är även viktiga för andra artgrupper, såsom landsnäckor, trollsländor och mossor (se figur 3-4).

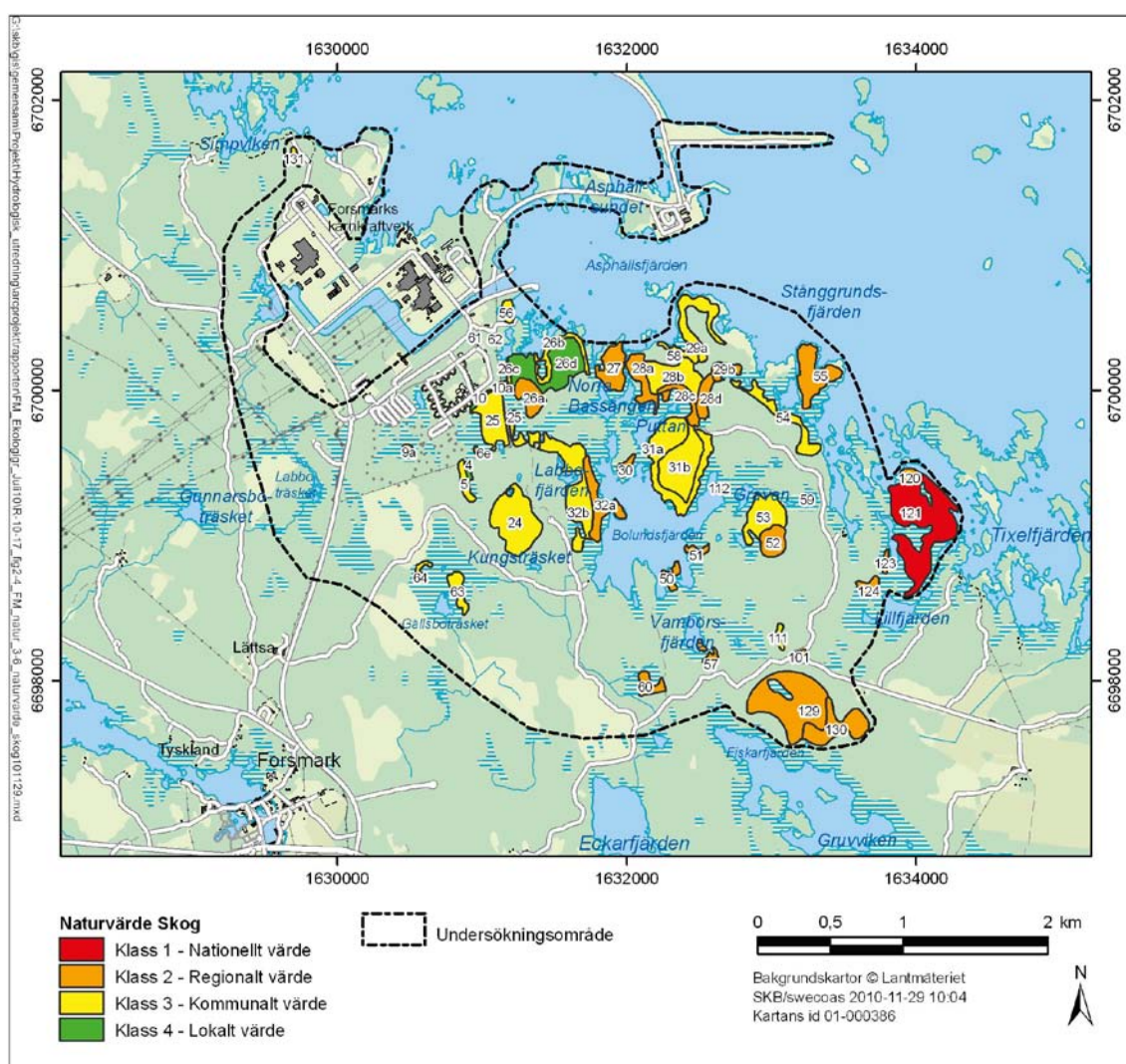


Figur 3-4. Klassificeringen av naturvärden knutna till våtmarker inom undersökningsområdet.



Även gölarna och de något större sjöarna har förutsättningar för höga naturvärden, då de bedöms utgöra ett av Uppsala läns bästa exempel på successiv avsnörning och utsötning av havsvikar, som övergår till insjöar och våtmarker. Flera av dem innehåller kransalger som bottenvegetation, av vilka några arter är hotade. Kransalgerna hör till de artgrupper som konkurreras ut när näringsinnehållet i vattnet ökar, vilket ger dem status som indikator för näringsbalansen i vattnet /Axelsson och Follin 2000/. Sjöarna är även viktiga för fiskreproduktion och som födosöksområde för ett flertal fågelarter. Forsmarksområdet är känt för att ha den tätaste havsörnsstammen i landet (Hellander B, Naturhistoriska riksmuseet muntl. komm. 2009).

Även skogsmiljöerna har goda förutsättningar för höga naturvärden (figur 3-5). I och med att barrblandskogarna är mycket kalkrika återfinns här framför allt många kalkgynnade, rödlistade marksvampar. Hela 28 rödlistade svamparter har hittats i områdets skogsmarker.



**Figur 3-5.** Naturvetenskapligt värdefulla skogar ligger tätt i undersökningsområdet. Värdet är framför allt kopplat till förekomsten av rödlistade marksvampar knutna till den kalkhaltiga marken.

### 3.3 Områdets framtida utveckling

Utvecklingen av undersökningsområdet fram till år 2100 är till stor del densamma, oavsett om påverkan av grundvattensänkning från slutförvarsanläggningen kommer till stånd eller inte. Undantaget är området där ovanmarksanläggningen uppförs.

**Skogsmiljöer.** Skogsområdena i påverkansområdet kommer sannolikt att avyttras om förvaret inte uppförs i Forsmark och inriktningen för markanvändningen och skogens exploatering blir därmed osäkra. Tidigare fanns planer från den förra markägaren, Sveaskog, att avsätta Forsmark som ekopark på grund av områdets höga naturvärden. Om förvaret byggs planerar SKB att bedriva en naturvårdsinriktad skötsel i delar av skogarna. Därmed kommer naturvärdena i skogen att öka framöver i takt med att vissa skogspartier blir äldre och får en ökad andel död ved och andra strukturer som hör gamla skogar till. En skillnad är dock att flera skogspartier kommer att bli torrare, med en utveckling mot något mer artfattiga växtsamhällen som följd, på grund av den prognostiserade grundvattensänkning. Den viktigaste parametern ur naturvårdssynpunkt är dock hur skogsbruket bedrivs.

**Våtmarker.** Våtmarker genomgår en naturlig succession med en ökad igenväxning ju äldre de blir. Processen är dock långsam och med naturlig igenväxning hinner inte naturtypen förändras mycket till år 2100.

Flera osäkerheter finns dock även i ett scenario där det inte uppförs någon slutförvarsanläggning i Forsmark. Rikkärr och andra myrar spås bli ännu torrare i södra Sverige under 2000-talet, särskilt i östra Götaland och Svealand om utvecklingen fortsätter som den har gjort under 1900-talet. Förutsägelsen baseras på hydrologiska simuleringar av olika klimat- och avrinningsmodeller, baserade på temperatur, nederbörd och evapotranspiration /Andréasson et al. 2004/. Den pågående igenväxningen av sydsvenska myrar kommer i så fall att accelerera och göra dem än mer beroende av skötsel för att bibehålla sin öppenhet.

En påtaglig igenväxning av vass har observerats i rikkärr i Norrtälje /Udd och Rydin 2008/. Detta sker också troligen i Forsmarksområdet. Tät vass är negativt för många rikkärrarter och kan vara ett hot mot rikkärrarna i Forsmark som gör att de kan mista stora naturvärden fram till 2100 även om slutförvarsanläggningen inte uppförs i Forsmark.

Vid uppförande av slutförvarsanläggningen i Forsmark kan flera våtmarker bli torrare på grund av avsänkningen av grundvattenytan. Detta snabbar på den naturliga igenväxningen och kan leda till sämre förutsättningar för många rikkärrarter. Det åtgärdsprogram som föreslås kommer att kompensera för uttorkningen i flera av de värdefullaste våtmarkerna.

Ytterligare en osäkerhetsfaktor är den globala uppvärmningen som kan leda till höjt vattenstånd i havet. Under tiden fram till jämförelseåret kan det medföra att strandlinjeförskjutningen minskar eller blir negativ. SMHI redovisar stora osäkerheter i utvecklingen. I Mellansverige beräknas alltifrån en relativ landhöjning på 0,5 m de närmaste 100 åren, till en relativ höjning av havsytan med 0,5 m. En mindre snabb strandlinjeförskjutning leder till ingen eller mindre omfattande nybildning av öppna gölar och rikkärr. I ett sådant scenario kan befintliga rikkärr få ett högre värde. Det gäller även för de gölar där gölgröda finns. Om strandlinjeförskjutningen avtar bildas inga nya gölar, samtidigt som befintliga växer igen, och gölgrödornas habitat minskar då följaktligen.

### 3.4 Skyddade arter i området

I detta underlag behandlas arter som är upptagna i artskyddsförordningen. Förekomster av rödlistade arter redovisas inte.

Inom undersökningsområdet finns det ett antal arter som finns upptagna i EU:s art- och habitatdirektiv. Skyddet är implementerat i svensk lag genom artskyddsförordningen. Om tolkningen av art- och habitatdirektivet och nationell lag skulle skilja sig åt gäller de mest långtgående bestämmelserna.

I artskyddsförordningen finns arter med någon form av särskilt skydd samlade. Olika arter har olika starkt skydd beroende på vilken paragraf som arten tas upp i. En art kan dessutom förekomma i flera paragrafer och omfattas av flera typer av skydd. De arter som skyddas, räknas upp i en bilaga till artskyddsförordningen, som också anger om arten skyddas enligt olika EU-direktiv. Även fridlysta arter och arter som omfattas av jaktlagstiftningen är med i artskyddsförordningen. Om ett projekt på olika sätt kan skada arter som är upptagna i artskyddsförordningen kan en dispensansökan hos länsstyrelsen behövas.

### 3.4.1 Skydd enligt 4 § artskyddsförordningen

I tabell 3-1 redovisas arter som skyddas enligt 4 § i artskyddsförordningen och som har påträffats i undersökningsområdet. De har ett strikt skydd överallt där de förekommer. De finns redovisade i habitatdirektivets bilaga 4 och är markerade med N i artskyddsförordningens bilaga 1.

**Tabell 3-1. Arter skyddade enligt 4 § artskyddsförordningen, upptagna i bilaga 1 och som påträffats i undersökningsområdet. B anger skydd inom Natura 2000-områden och N anger strikt skydd.**

Vetenskapligt namn	Svenskt namn	Förekomst	Bilaga 1
<i>Eptesicus nilssoni</i>	Nordisk fladdermus	Förekommer i området	N
<i>Lutra lutra</i>	Utter	Enstaka förekomst (vid SFR)	B N
<i>Lynx lynx</i>	Lo	Enstaka förekomst	B N
<i>Myotis daubentoni</i>	Vattenfladdermus	Förekommer i området	N
<i>Rana arvalis</i>	Åkergroda	Förekommer i området	N
<i>Rana lessonae</i>	Gölgroda	Förekommer i sju gölar i området	N
<i>Triturus cristatus</i>	Större vattensalamander	Förekommer i två gölar i området	N
<i>Leucorhinia albifrons</i>	Pudrad kärrtrollslända	Förekommer i ett objekt (8)	N
<i>Leucorhinia pectoralis</i>	Citronfläckad kärrtrollslända	Förekommer vid flera sjöar	N

Alla vilda fåglar, utom jaktbara fåglar som omfattas av jaktlagen, är fridlysta enligt 4 § i artskyddsförordningen. Av dessa beskrivs i Naturvårdverkets handledning till artskyddsförordningen /Naturvårdsverket 2009/ att ”arter markerade med B i bilaga 1 till artskyddsförordningen, rödlistade arter samt sådana arter som uppvisar negativ trend prioriteras i skyddsarbetet”. Sådana arter som förekommer i undersökningsområdet redovisas i tabell 3-2 .

**Tabell 3-2. Fågelarter prioriterade för skydd enligt 4 § i artskyddsförordningen som påträffats i undersökningsområdet. Alla arter utom göktyta är markerade med B i artskyddsförordningens bilaga 1 och finns listade i fågeldirektivets bilaga 1. Göktyta är rödlistad.**

Vetenskapligt namn	Svenskt namn	Förekomst	Bilaga 1
<i>Chlidonias niger</i>	Svarttärna	Tillfällig Bolundsfjärden	B
<i>Cygnus cygnus</i>	Sångsvan	Har påträffats i området	B
<i>Dendrocopus minor</i>	Mindre hackspett	Fåtal förekomster	B
<i>Dryocopus martius</i>	Spillkråka	Förekommer i området	B
<i>Grus grus</i>	Trana	Har påträffats i området	B
<i>Haliaeetus albicilla</i>	Havsörn	Förekommer i området	B
<i>Lanius collurio</i>	Törnskata	Flertal förekomster	B
<i>Pernis apivorus</i>	Bivråk	En förekomst SV 37	B
<i>Sterna caspia</i>	Skräntärna	Enstaka förekomst	B
<i>Sterna chlidonia</i>	Fisktärna	Förekommer i område	B
<i>Jynx torquilla</i>	Göktyta	Flertal förekomster	–

### 3.4.2 Skydd enligt 6 § artskyddsförordningen

Arter som är fridlysta enligt 6 § i artskyddsförordningen och som förekommer i området redovisas i tabell 3-3. Paragrafen innebär ett skydd för arterna men inget skydd för livsmiljön i sig.

**Tabell 3-3. Arter i undersökningsområdet som är fridlysta enligt 6 § i artskyddsförordningen.**

Vetenskapligt namn	Svenskt namn	Förekomst
<i>Vipera berus</i>	Huggorm	Förekommer troligen
<i>Anguis fragilis</i>	Kopparödla	Förekommer troligen
<i>Lacerta vivipara</i>	Skogsödla	Förekommer troligen
<i>Natrix natrix</i>	Snok	Förekommer troligen
<i>Rana temporaria</i>	Vanlig groda	Förekommer flerstädes
<i>Bufo bufo</i>	Vanlig padda	Förekommer troligen
<i>Triturus vulgaris</i>	Mindre vattensalamander	Förekommer troligen

### 3.4.3 Skydd enligt 7 § artskyddsförordningen

Växter som är skyddade enligt 7 § i artskyddsförordningen har så kallat strikt skydd och ska skyddas varhelst de påträffas. De får inte avsiktligt plockas, samlas in, dras upp med rötterna eller förstöras i sitt naturliga utbredningsområde. Förbudet gäller alla stadier i växtens biologiska cykel. Växter skyddade enligt 7 § i artskyddsförordningen som förekommer i Forsmark redovisas i tabell 3-4.

**Tabell 3-4. Arter skyddade enligt 7 § i artskyddsförordningen, upptagna i bilaga 1 och som påträffats i undersökningsområdet. B anger skydd inom Natura 2000-områden och N anger strikt skydd.**

Vetenskapligt namn	Svenskt namn	Förekomst	Bilaga 1
<i>Liparis loeseli</i>	Gulxne	Fyra förekomster	N B
<i>Cypripedium calceolus</i>	Guckusko	En förekomst	N B

### 3.4.4 Skydd enligt 8 § artskyddsförordningen

Växter skyddade enligt 8 § i artskyddsförordningen som förekommer i Forsmark redovisas i tabell 3-5. Dessa arter får inte skadas, direkt eller indirekt. Livsmiljöerna är dock inte skyddade. Exempel på orkidéer som växer i området visas i figur 3-6 och 3-7.

**Tabell 3-5. Arter i undersökningsområdet som är fridlysta enligt 8 § i artskyddsförordningen.**

Vetenskapligt namn	Svenskt namn	Förekomst
<i>Gymnadenia conopsea</i>	Brudsporre	En våtmark
<i>Ophrys insectifera</i>	Flugblomster	En förekomst
<i>Liparis loeseli</i>	Gulxne	Fyra förekomster
<i>Cypripedium calceolus</i>	Guckusko	En förekomst
<i>Platanthera chlorantha</i>	Grönvit nattviol	Allmän
<i>Dactylorhiza maculata</i>	Jungfru Marie nycklar	Allmän
<i>Epipactis palustris</i>	Kärrknipprot	Ej ovanligt
<i>Platanthera bifolia</i>	Nattviol	Allmän
<i>Neottia nidus avis</i>	Nästrot	Allmän
<i>Epipactis helleborine</i>	Skogsknipprot	Allmän
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>	Skogsnycklar	Allmän
<i>Listera ovata</i>	Tvåblad	Allmän
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	Ängsnycklar	Allmän
<i>Huperzia selago</i>	Lopplummer	Allmän
<i>Lycopodium annotinum</i>	Revlummer	Allmän
<i>Selaginella selagionoides</i>	Dvärglummer	Fem våtmarker
<i>Hamatocaulis vernicosa</i>	Käppkrokmossa	En förekomst



*Figur 3-6. Ängsnycklar är allmän i Forsmarksområdet.*

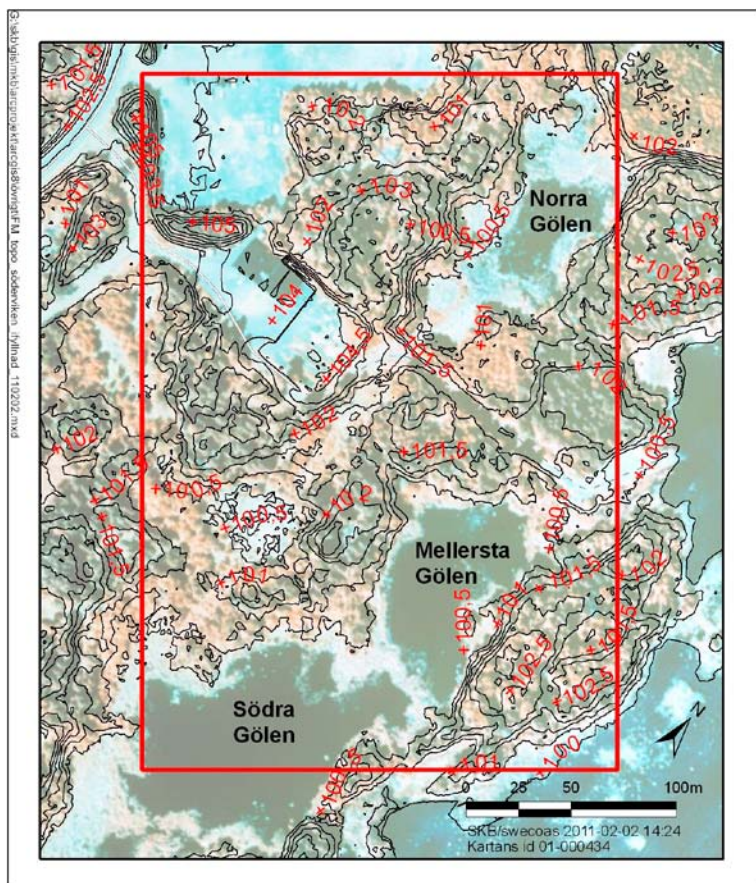


*Figur 3-7. Kärrknipproten hör till de många fridlysta arterna i Forsmark.*

## 4 Verksamhetens påverkan på miljöer om planerade skyddsåtgärder inte vidtas

### 4.1 Driftområdet – Läget Söderviken

Vid driftområdet fylls två gölar igen helt med sprängsten, den norra gölen (12) och den mellersta gölen (13a). Ytterligare en göl, den södra gölen (13b), fylls igen till ungefär hälften fram till driftområdets ytterkant (se figur 4-1). Gölarna beskrivs i avsnitt 3.1. Gölarnas största värde är förekomst av gölgröda. Inget naturvärde blir kvar inom driftområdet.



*Figur 4-1.* Lokalisering av det planerade driftområdet (röda ramen) för slutförvarsanläggningen intill Söderviken och gölar som helt eller delvis fylls igen.

## 4.2 Bortledande av grundvatten från slutförvarsanläggningen

### 4.2.1 Hydrogeologiska och hydrologiska effekter

Det grundvatten som läcker in till slutförvarsanläggningens undermarksdelar kommer att pumpas upp till markytan och därefter ledas till recipient. Enligt 11 kapitlet 2 § i miljöbalken utgör bortledande av grundvatten och utförande av anläggningar för detta tillståndspliktig vattenverksamhet. SKB kommer att lämna in ansökan om sådant tillstånd hos miljödomstolen. Detta avsnitt ger en kortfattad beskrivning av grundvattenbortledningens bedömda effekter på de hydrogeologiska (grundvattennivå) och hydrologiska (ytvattennivå) förhållandena i slutförvarsanläggningens omgivning. För ytterligare detaljer, se /Mårtensson och Gustafsson 2010/.

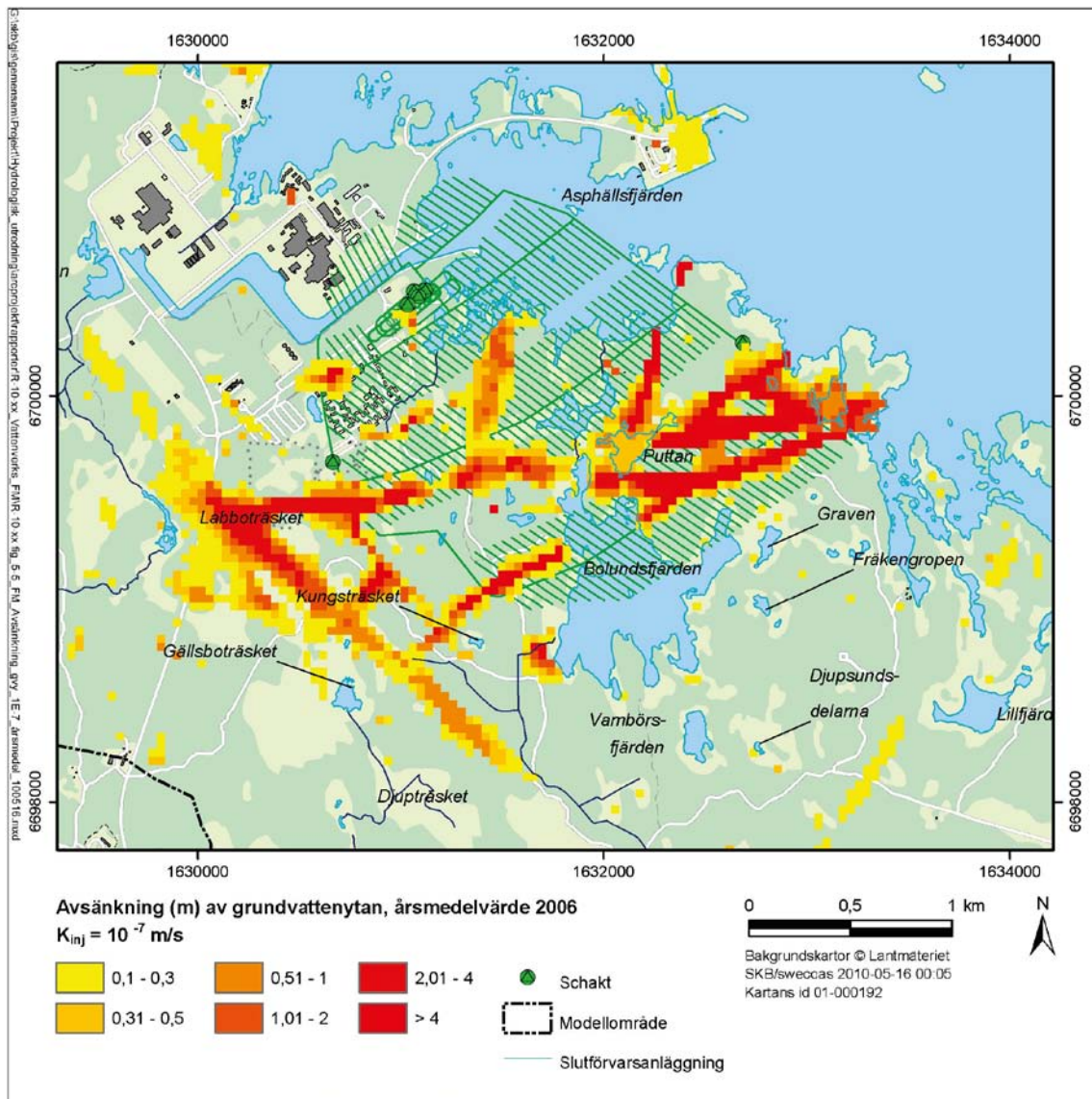
Prognoser utförs av bland annat inläckaget av grundvatten till slutförvarsanläggningen, samt av grundvattenbortledningens effekter på grundvattnets tryck i berget, grundvattenytans nivå, ytvattennivåer och flöden samt vattenbalanser för olika delområden. Prognoserna baseras på plats-specifika data och de konceptuella och numeriska flödesmodeller som beskriver de hydrogeologiska och hydrologiska förhållandena i Forsmarksområdet /Bosson et al. 2008, Follin 2008, Johansson 2008/. I detta sammanhang används främst modellprognoser som görs med modellverktyget MIKE SHE. Resultat från andra beräkningsmodeller (analytiska lösningar samt modellverktyget DarcyTools) samt erfarenheter från andra, liknande undermarksanläggningar används för att kontrollera att de prognoser som görs med MIKE SHE kan ses som rimliga.

Grundvattenbortledningen kommer att orsaka en sänkning av grundvattentrycket längs strukturer i berget. Flackt orienterade sprickzoner finns i de övre ungefär 150 m av berget och de kan ha hög horisontell vattengenomsläpplighet. I områden där berget även innehåller brantstående sprickzoner med hög vattengenomsläpplighet, och där sådana sprickzoner är i kontakt med de ovanliggande jordlagren, kan grundvattenytan i jordlagren komma att avsänkas till följd av grundvattenbortledningen. Detta innebär att påverkansområdet vad gäller grundvattenytans avsänkning kommer att bli förhållandevis litet i jämförelse med det område kring slutförvarsanläggningen inom vilket grundvattnets tryck sänks i berget.

Figur 4-2 visar ett exempel på resultat från MIKE SHE-modelleringen, i form av den modellberäknade avsänkningen av grundvattenytan för ett konservativt scenario där hela försvaret är öppet samtidigt /Mårtensson och Gustafsson 2010/. Enligt figuren kommer grundvattenbortledningen att ge upphov till en avsänkning av grundvattenytan längs smala stråk ovan försvaret och i områden kring kylvattenkanalen vid Forsmarks kärnkraftverk (det ”sicksackformade”, blå bandet i den nordvästra delen av figuren). Påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning har en sammanlagd storlek på cirka 2,5 km<sup>2</sup>, givet att området avgränsas så att avsänkningen av grundvattenytan inom påverkansområdet är 0,1 m eller mer. Med en gräns på 0,3 m är påverkansområdets storlek ungefär 1,4 km<sup>2</sup>.

Den prognostiserade avsänkningen som visas i figur 4-2 utgör utgångspunkten för beskrivningar av konsekvenser och bedömning av erforderliga åtgärder. Det bör då observeras att det som visas i figuren avser avsänkningens årsmedelvärde. Under året varierar dels grundvattenytans nivå, dels skillnaden mellan grundvattenytans nivå under opåverkade förhållanden (utan grundvattenbortledning) och dess nivå med grundvattenbortledning. Detta betyder att avsänkningens och påverkansområdets storlek kommer att variera något under året. Beräkningsresultaten baseras på lokalt uppmätta meteorologiska data och havsnivådata från ett ”typår” (2006).

I de beräkningar som redovisas i figur 4-2 antas hela slutförvarsanläggningen vara öppen på en gång. I verkligheten kommer rampen, centralområdet och samtliga schakt att vara öppna under hela driftskedet. Deponeringsområdena i förvarsområdet på ungefär 500 m djup kommer dock att byggas ut successivt, vilket innebär att alla deponeringstunnlar inte kommer att vara öppna samtidigt. Vidare antas i beräkningarna att den injekterade zonen kring ramp, schakt och tunnlar har en hög vattengenomsläpplighet ( $10^{-7}$  m/s). Som en tumregel brukar man kunna förutsätta att en väl genomförd injektering kring en tunnel eller ett berggrum ger en reduktion av vattengenomsläppligheten i det närmast omgivande berget med en faktor 100. I slutförvarsanläggningen bedöms en vattengenomsläpplighet på  $10^{-8}$  m/s kunna uppnås vid passage av deformationszoner genom att enbart använda cementbruk som injekteringsmedel, och en vattengenomsläpplighet på  $10^{-9}$  m/s kan vara möjligt att uppnå om även injekteringsmedel av typ silica sol används /Brantberger och Janson 2009, SKB 2009/. I verkligheten kommer därför avsänkningen av grundvattenytan och påverkansområdets storlek sannolikt att bli mindre än vad som visas i figuren.



**Figur 4-2.** Översiktskarta som visar prognostiserad avsänkning av grundvattenytan på grund av bortledning av grundvatten från slutförvarsanläggningen för det konservativa fallet där hela förvaret är öppet samtidigt. I kartan visas även den utformning på slutförvarsanläggningen som använts i MIKE SHE-modelleringen (gröna linjer).

Enligt modellberäkningarna kommer grundvattenbortledningen att leda till en obetydlig sänkning av vattennivån i sjöarna i området, med undantag för sjön Puttan där sänkningen kan bli större. Inflödet av bäckvatten till sjön Bolundsfjärden bedöms komma att minska med maximalt en tiondel av nuvarande inflöde. Effekterna på vattenföringen i övriga bäckar i området bedöms bli marginella.

Slutförvarsanläggningens skeden uppförande, drift och avveckling omfattar en sammanlagd tidsperiod på 60–70 år. Avvecklingsskedet innebär bland annat att slutförvarsanläggningen försluts och att länshållningen av förvaret upphör. Därefter kommer det att ske en återhämtning av grundvattenytan till de förhållanden som rådde innan anläggningen uppfördes. Enligt MIKE SHE-beräkningarna kommer grundvattenytans nivå att ha återhämtats helt något år efter det att länshållningen från förvaret upphört.

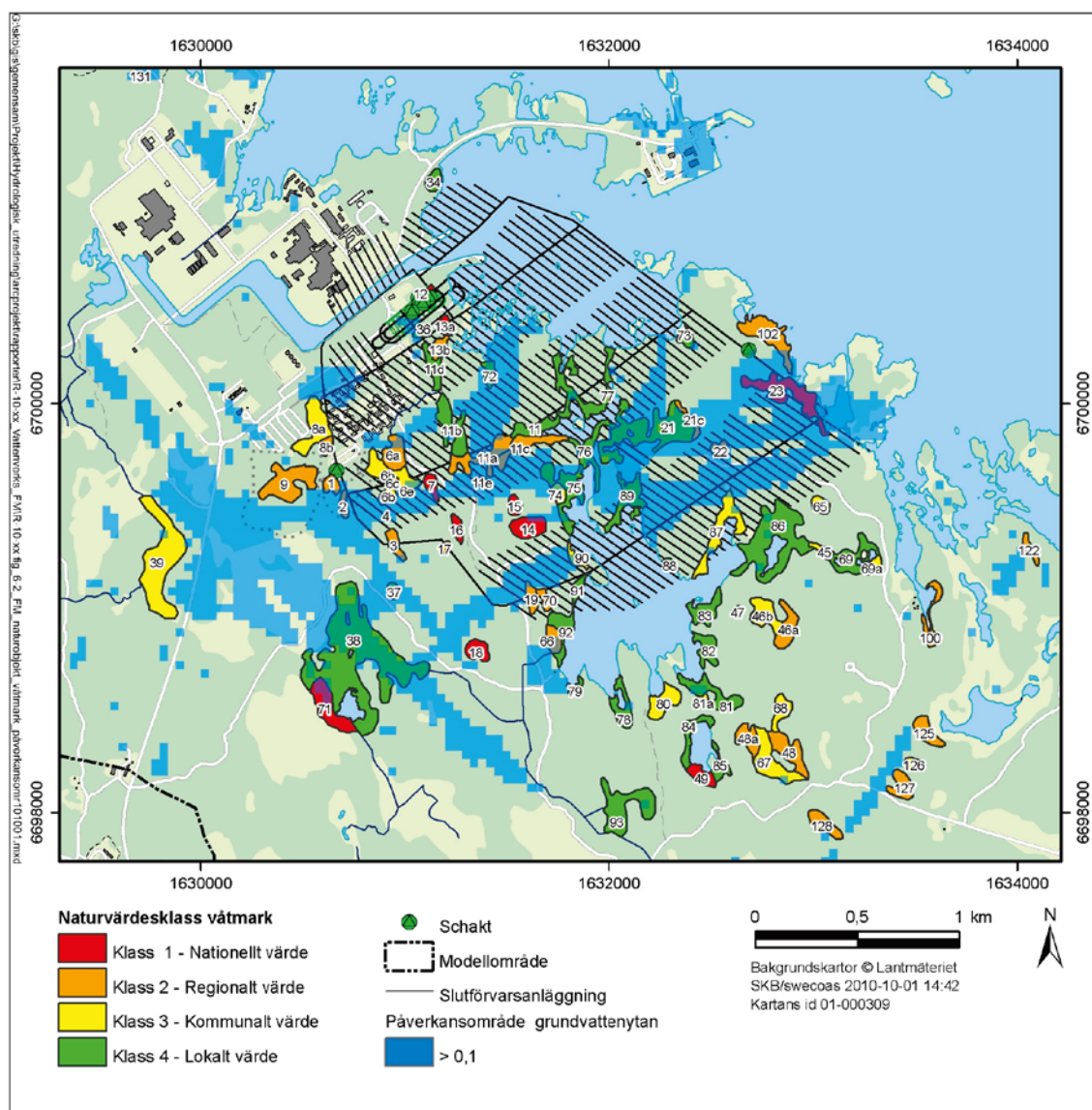
Enligt modellberäkningarna kan grundvattenbortledningen ge upphov till förändringar av de hydrogeologiska förhållandena i anslutning till ett antal våtmarker i Forsmarksområdet. I fem av dessa våtmarker förekommer arter som är skyddade enligt artskyddsförordningen. I avsnitt 4.2.2 beskrivs grundvattenbortledningens hydrogeologiska och hydrologiska effekter för dessa specifika våtmarker samt konsekvenserna för de skyddade arter som observerats i våtmarkerna.



## 4.2.2 Konsekvenser för arter som är skyddade enligt artskyddsförordningen

Figur 4-3 visar det prognostiserade påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning (avsänkingsgräns 0,1 m) samt de geografiska lägena och värdeklasserna för våtmarkerna i undersökningsområdet. Av de våtmarker i Forsmarksområdet där arterna gölgroda och gulyxne har observerats, bedöms grundvattenbortledningen kunna medföra en avsänkning av grundvattenytan i anslutning till våtmarksobjekten 7, 14–16 och 18. Gölgroda har observerats i samtliga dessa objekt, och orkidén gulyxne i två objekt (7 och 16). De övriga fyra våtmarksobjekten i Forsmarksområdet där dessa två arter har observerats kommer antingen att fyllas igen i samband med anläggandet av slutförvarsanläggningens driftområde, eller är belägna långt bort från påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning.

Detaljerade modellstudier har specifikt genomförts för att kvantifiera grundvattenbortledningens hydrogeologiska och hydrologiska effekter för våtmarkerna i Forsmarksområdet, inklusive de fem ovan nämnda objekten /Mårtensson et al. 2010/. Enligt dessa studier ger grundvattenbortledningen generellt endast upphov till marginella eller små förändringar av ytavrinningen till våtmarkerna och ytvattennivån i de gölar som finns inom våtmarkerna. Dessa slutsatser är viktiga med avseende på konsekvenserna för arten gölgroda, eftersom denna art behöver tillgång till ytvatten.



**Figur 4-3.** Prognostiserat påverkansområde för grundvattenytans avsänkning (avsänkingsgräns 0,1 m) samt geografiska lägena för naturvärdesklassade våtmarksobjekt. Avsänkningen avser årsmedelvärden för år 2006 och tätningsfallet  $K_{inj} = 10^{-7}$  m/s.

Grundvattenbortledningen ger upphov till djupare (och längre) flödesvägar för grundvattnet. Även för opåverkade förhållanden består dock endast en liten andel av det grundvatten som flödar in i våtmarkerna av grundvatten som under sin flödesväg har passerat berget. En ytterligare minskade andel av sådant grundvatten bedöms därför i sig inte medföra några negativa konsekvenser för våtmarkernas vattenkvalitet.

Nedan sammanfattas några observationer från de detaljerade modellstudierna, specifikt med avseende på de fem våtmarkerna 7, 14–16 och 18.

**Våtmarksobjekt 7:** Våtmarken är i sin södra del belägen inom avsänkingsområdet. Med avseende på typåret 2006 är den prognostiserade avsänkningen av grundvattenytan 0,5–1 m i den södra delen av våtmarken. Storleken på våtmarkens avrinningsområde samt det under året ackumulerade tillflödet av grundvatten till våtmarken minskar med ungefär hälften. Jämfört med opåverkade förhållanden utan grundvattenbortledning, sjunker ytvattennivån i den göl som finns inom våtmarken tidigare och mer under perioder utan nederbörd eller snösmältning. Även för opåverkade förhållanden har gölen ett litet vattendjup, vilket innebär att grundvattenbortledningen ökar risken för att gölen torrläggs i samband med torrperioder.

**Våtmarksobjekt 14:** Våtmarken är i sin helhet belägen utanför men nära (cirka 100 m) gränsen för påverkansområdet. Den prognostiserade avsänkningen av grundvattenytan inom våtmarken är därmed mindre än 0,1 m (typåret 2006). Storleken på våtmarkens avrinningsområde samt det under året ackumulerade tillflödet av grundvatten till våtmarken minskar med ungefär 5 %. Som årsmedelvärde sänks ytvattennivån i den göl som finns inom våtmarken endast marginellt. Grundvattenbortledningen ger heller inte upphov till några större förändringar av ytvattennivåns fluktuationer under året.

**Våtmarksobjekt 15:** Den norra spetsen av våtmarken är belägen inom påverkansområdet, med en avsänkning på 0,1–0,3 m (typåret 2006). Storleken på våtmarkens avrinningsområde samt det under året ackumulerade tillflödet av grundvatten till våtmarken minskar endast marginellt. Som årsmedelvärde sänks ytvattennivån i den göl som finns inom våtmarken endast marginellt. Jämfört med opåverkade förhållanden utan grundvattenbortledning, sjunker ytvattennivån i den göl som finns inom våtmarken något tidigare under perioder utan nederbörd och återhämtar sig något långsammare efter sådana perioder.

**Våtmarksobjekt 16:** Våtmarken är i sin helhet belägen utanför men nära gränsen för påverkansområdet (inom 100 m). Den prognostiserade avsänkningen av grundvattenytan är därmed mindre än 0,1 m (typåret 2006). Storleken på våtmarkens avrinningsområde samt det under året ackumulerade tillflödet av grundvatten till våtmarken minskar med mindre än 5 %. Som årsmedelvärde sänks ytvattennivån i den göl som finns inom våtmarken endast marginellt. Grundvattenbortledningen ger heller inte upphov till några större förändringar av ytvattennivåns fluktuationer under året.

**Våtmarksobjekt 18:** Våtmarken är belägen alldeles vid gränsen för påverkansområdet. Den prognostiserade avsänkningen av grundvattenytan är därmed mindre än 0,1 m (typåret 2006). Storleken på våtmarkens avrinningsområde minskar med ungefär hälften, medan det under året ackumulerade tillflödet av grundvatten till våtmarken minskar med ungefär 5 %. Grundvattenbortledningen ger endast upphov till en marginell förändring av ytvattennivån och dess fluktuationer i den göl som finns inom våtmarken.

Med några undantag visar således modelleringsresultaten att grundvattenbortledningens effekter på ytvattennivån i gölarna i de studerade våtmarkerna är relativt små. Generellt kan de största effekterna noteras under torrperioder. Denna slutsats är viktig i sammanhanget eftersom tillgången på ytvatten även under torrperioder är en viktig faktor för till exempel gölgröda och större vattensalamander. Ytavrinning och grundvattenflöde i den övre delen av jordlagren representerar en stor del av den naturliga vattentillförseln till gölarna under perioder med betydande nederbörd och/eller snösmältning. Under sådana perioder kan det även för påverkade förhållanden (med grundvattenbortledning från förvaret) vara möjligt för grundvattenytan att stiga till en nivå i eller ovan markytan inom en göls avrinningsområde. Detta innebär i sin tur att för många gölar förändras inte ytavrinning, ytnära grundvattenflöde och därmed heller inte vattenförsörjningen under perioder med betydande nederbörd och/eller snösmältning.

I områden kring en göl (inklusive rikkärr) är grundvattenytans nivå, och förändringen av nivån till följd av grundvattenbortledningen, viktig för gulyxne och annan vegetation som finns i denna del av våtmarken. Nivån och dess förändring har även viss betydelse för ytvattennivån i gölen, speciellt i form av grundvattenutströmning och ytvattentillgång under torrperioder.

I kapitel 5 beskrivs grundvattenbortledningens konsekvenser för de skyddade arter som observerats i de fem våtmarkerna om inga åtgärder vidtas.

### 4.3 Övriga störningar

Mark kommer också att tas i anspråk för ventilationsstationer för frånluft från förvaret. Den ena ventilationsstationen kommer preliminärt att ligga söder om Tjärnpussen och den andra nordost om Bolundsfjärden, se figur 2-1. Åtminstone till ventilationsstationen nordost om Bolundsfjärden kommer en ny väg att behöva dras från befintlig skogsbilväg. I närheten finns ett rikkärr av nationellt värde. Vägdragningen till ventilationsstationen anpassas så att känsliga naturtyper undviks. Om detaljprojekteringen av vägen visar att de lokala hydrologiska förhållandena kan komma att påverkas så kan vägen byggas med vattengenomsläpplig vägbank för att begränsa denna påverkan.

Det ökade bullret bedöms inte medföra några negativa konsekvenser för fågelfaunan närmast driftområdet, ventilationsstationen och nya vägar. En art som skulle kunna tänkas påverkas negativt av ökad trafik på skogsbilvägarna är havsörn om deras bon ligger nära vägen. I det aktuella området bedöms det inte föreligga någon större risk för sådana störningar.

Lakvatten från bergupplaget kommer att renas med avseende på kväveinnehållet. Reningen kommer främst att ske i direkt anslutning till bergupplaget, med sedimentationsbassänger och översilningsytor. Den renade vattenströmmen kommer därefter att ledas till Tjärnpussen som kommer att möjliggöra ytterligare kväverening genom upptag från sjöns vegetation. Slutligen kommer vattnet från Tjärnpussen att ledas norrut till kylvattenkanalen där det kommer att spädas med det stora inflödet kylvatten från Östersjön.

Arten citronfläckad kärrtrollslända, som setts flyga över Tjärnpussen, bedöms inte påverkas av ökad närsalthalt i vattnet, då det är en rörlig art som lever i olika typer av vatten. Larv av arten pudrad kärrtrollslända påträffades i sjön under inventeringen 2008. Troligen kommer arten att kunna fortleva i Tjärnpussen förutsatt att vattnet bibehålls öppet och solexponerat och att syrenivåerna inte blir alltför låga. Det finns dock en risk för negativ påverkan på arten.



Figur 4-4. Utformning av ventilationsstation (fotomontage).

## 5 Förväntade konsekvenser för skyddade arter om planerade åtgärder inte vidtas

I artskyddsförordningen finns växt- och djurarter med olika skydd samlade. Starkast skydd har arter som är också är skyddade enligt bilaga 4 i EU:s art- och habitatsdirektiv. Dessa har så kallat strikt skydd och ska skyddas varhelst de förekommer, se tabellerna 5-1 och 5-3. I artskyddsförordningen listas också arter skyddade endast enligt svensk lag, se tabellerna 5-2 och 5-4. Dessa arter får inte dödas eller skadas.

Nedan beskrivs konsekvenser för de arter som förekommer i området och som skyddas enligt artskyddsförordningen. Arterna redovisas under de olika paragrafer de har skydd. Respektive avsnitt är uppdelade på:

- Sådana arter som kommer eller kan komma att påverkas av den planerade verksamheten, här ges en utförlig konsekvensbedömning.
- Sådana arter där ingen risk för påverkan föreligger, här ges en kortare förklaring till bedömningen.

### 5.1 Bakgrund till bedömningar

Formuleringarna vad gäller skyddet i de olika paragraferna i artskyddsförordningen skiljer sig något åt. Eftersom det föreligger få juridiska prejudikat beskrivs här konsekvenserna för de olika arterna skyddade i artskyddsförordningen på likartat sätt oavsett enligt vilken paragraf de skyddas. Slutsatser om påverkan har dock anpassats efter den paragraf som respektive art skyddas av.

Bedömningarna utgår från tolkningar av lagtexterna som är gjorda i handledningen för artskyddsförordningen /Naturvårdsverket 2009/. Vid tolkningsoklarheter har syftet med skyddet varit en viktig riktlinje. I huvudsak finns två uttalade syften:

1. För arter skyddade enligt habitatdirektivet är syftet ”att säkra den biologiska mångfalden genom bevarandet av naturligt förekommande livsmiljöer samt den vilda florans och faunan inom EU:s medlemsländer”. Fågeldirektivets syfte är något annorlunda formulerat men tillämpningen skall följa habitatdirektivets syfte. Habitatdirektivet är implementerat i artskyddsförordningen i §§ 4 och 7.
2. Syftet med svenska fridlysningar är mer inriktat på att skydda sällsynta arter från plockning samt uppgrävning av allmänhet och samlare, men även exploateringar som skadar anges som skäl till dispensprövning. Dessa arter är upptagna i artskyddsförordningens §§ 6, 8 och 9.

För varje art anges följande:

- Typ av skada.
- Hur lokal population påverkas.
- Hur regional population påverkas.
- Om arten bedöms ha gynnsam bevarandestatus och hur den påverkas av den planerade verksamheten.

Bedömningarna omfattar såväl bygg- som driftskede.

I praktiken är det främst tre olika typer av skador som uppkommer vid slutförvarsanläggningen:

- Exploatering av naturmiljöer vid ovanmarksanläggningarna.
- Grundvattenavsänkning genom inläckage av grundvatten till slutförvarsanläggningens undermarksdelar.
- Buller- och trafikstörningar vid uppförandeskede.

Lokal population definieras i denna rapport som en avgränsad population av djur eller växter som finns inom ett begränsat område och som inte har kontakt eller endast har begränsad kontakt med populationer utanför området. Inom populationerna sker ett effektivt utbyte av gener, vilket gör

att risken för lokala utdöenden är liten. Djur och växter som har god spridningsförmåga och täta stammar har stora lokala populationer, och sådana som har dålig spridningsförmåga och glesa förekomster har mindre lokala populationer. Regional population definieras som förekomsten på biogeografisk nivå. Den biogeografiska region som Forsmark tillhör är den boreala regionen /Sohlman 2007/. Gynnsam bevarandestatus definieras som följer:

- Artens populationsutveckling visar att arten på lång sikt kommer att förbli en del av sin livsmiljö.
- Artens naturliga utbredningsområde minskar inte och kommer sannolikt inte att minska.
- Det finns tillräckligt stor livsmiljö för att arten ska bibehållas på lång sikt.

Naturvårdsverket har gjort en bedömning av bevarandestatus för de arter som listas i art- och habitatdirektivet /Sohlman 2007/. Flera arter i art- och habitatdirektivet och arterna i fågeldirektivet finns dock inte med i Naturvårdsverkets bedömning. För dessa arter används i stället rödlistning som kriterium för om arten har gynnsam bevarandestatus eller inte. Rödlistade arter har inte gynnsam bevarandestatus. Är arten inte rödlistad bedöms bevarandestatusen som gynnsam.

## 5.2 Arter skyddade enligt 4 § i artskyddsförordningen

I tabell 5-1 redovisas de arter som är skyddade enligt 4 § i artskyddsförordningen och som förekommer i undersökningsområdet. Vidare sammanfattar tabellen hur dessa kan komma att påverkas av den planerade verksamheten.

**Tabell 5-1. Arter som är skyddade enligt 4 § i artskyddsförordningen, upptagna i bilaga 1 och som påträffats i undersökningsområdet. 0 = ingen påverkan + = positiv påverkan – = negativ påverkan och (–) = marginell, negativ påverkan.**

Svenskt namn	Förekomst	Lokal population	Regional population	Gynnsam bevarandestatus
Åkergröda	Förekommer i området	(–)	0	0
Gölgroda	Förekommer i sju gölar i området	–	–	–
Större vattensalamander	Förekommer i två gölar i området	–	0	–
Pudrad kärrtrollslända	Förekommer i ett objekt (8)	(–)	0	0
Citronfläckad kärrtrollslända	Förekommer vid flera sjöar	(–)	0	0
Trana	Har påträffats i området	0	0	0
Havsörn	Förekommer i området	(–)	0	0
Nordisk fladdermus	Förekommer i området	0	0	0
Vattenfladdermus	Förekommer i området	0	0	0
Utter	Enstaka förekomst (vid SFR)	0	0	0
Lo	Enstaka förekomst	0	0	0
Svarttärna	Tillfällig i sjön Bolundsfjärden	0	0	0
Sångsvan	Har påträffats i området	0	0	0
Mindre hackspett	Fåtal förekomster	0	0	0
Spillkråka	Förekommer i området	0	0	0
Törnskata	Flertal förekomster	0	0	0
Bivräk	En förekomst	0	0	0
Skräntärna	Enstaka förekomster	0	0	0
Fisktärna	Förekommer i området	0	0	0
Göktyta	Förekommer flerstädes	0	0	0

### 5.2.1 Arter som kommer eller riskerar att påverkas

**Havsörn** förekommer i området. Den kan riskera att påverkas av störning från uppförandeskedet. Framför allt byggandet av ventilationsstationen, som planeras byggas nordost om Bolundsfjärden, och eventuellt uttag av sprängsten från piren vid SFR. Med normala hänsyn bedöms dock ingen påverkan behöva uppstå. Havsörn har en positiv beståndsutveckling och den lokala eller regionala populationen bedöms inte påverkas av projektet. Arten har icke gynnsam bevarandestatus.

**Pudrad kärrtrollslända och citronfläckad kärrtrollslända** är ovanliga i Mellaneuropa men vanliga i Sverige. Båda bedöms ha gynnsam bevarandestatus /Sohlman 2007/. Citronfläckad kärrtrollslända har påträffats vid flera sjöar och gölar i undersökningsområdet, inklusive sjön Tjärnpussen (visas som objekt 8a i figur 4-3) som kommer att användas som ett andra steg för kväverening av lakvattnet från bergupplaget. I Tjärnpussen har också pudrad kärrtrollslända påträffats. Då arterna är vanliga bedöms att förlusten av gölarna 12, 13a och delvis 13b samt en eventuellt försämrad miljö i Tjärnpussen inte kommer att påverka den lokala populationen i Forsmark negativt. Den regionala populationen bedöms heller inte påverkas. Arten har gynnsam bevarandestatus /Sohlman 2007/.

**Större vattensalamander** har påträffats i göl 14 och 17 (se figur 4-3). Det är rimligt att tro att arten kan finnas i flera gölar. Göl 14 och 17 ligger utanför det prognostiserade avsänkingsområdet men inom riskområde för förändring av grundvattenströmning. En rimlig utgångspunkt är dock att större vattensalamander kan finnas i flera gölar, framför allt de som gölgroda finns i. Det innebär att den lokala populationen riskerar att påverkas om projektet genomförs. Större vattensalamander har icke gynnsam bevarandestatus och är minskande /Sohlman 2007/.

**Åkergroda** har påträffats i flera våtmarker och finns troligen rikligt i området. Grodarten är mindre känslig än gölgroda för torrare förhållanden. Populationen kan minska i några våtmarker men varken lokal eller regional status bedöms påverkas i någon betydande omfattning. Åkergroda har en gynnsam bevarandestatus /Sohlman 2007/.

#### **Gölgroda**

Hela den svenska utbredningen av gölgrodan är uppdelad i tre delområden (se figur 5-1):

1. Gårdskär (Lövstabuktens västra sida).
2. Norra och östra Hållnåshalvön.
3. Gräsö och Gräsö skärgård.

Populationen vid Forsmark hör till östra Hållnåshalvön men får anses vara isolerad från resterande populationer i delområdet. Den är inplanterad till området år 1993.

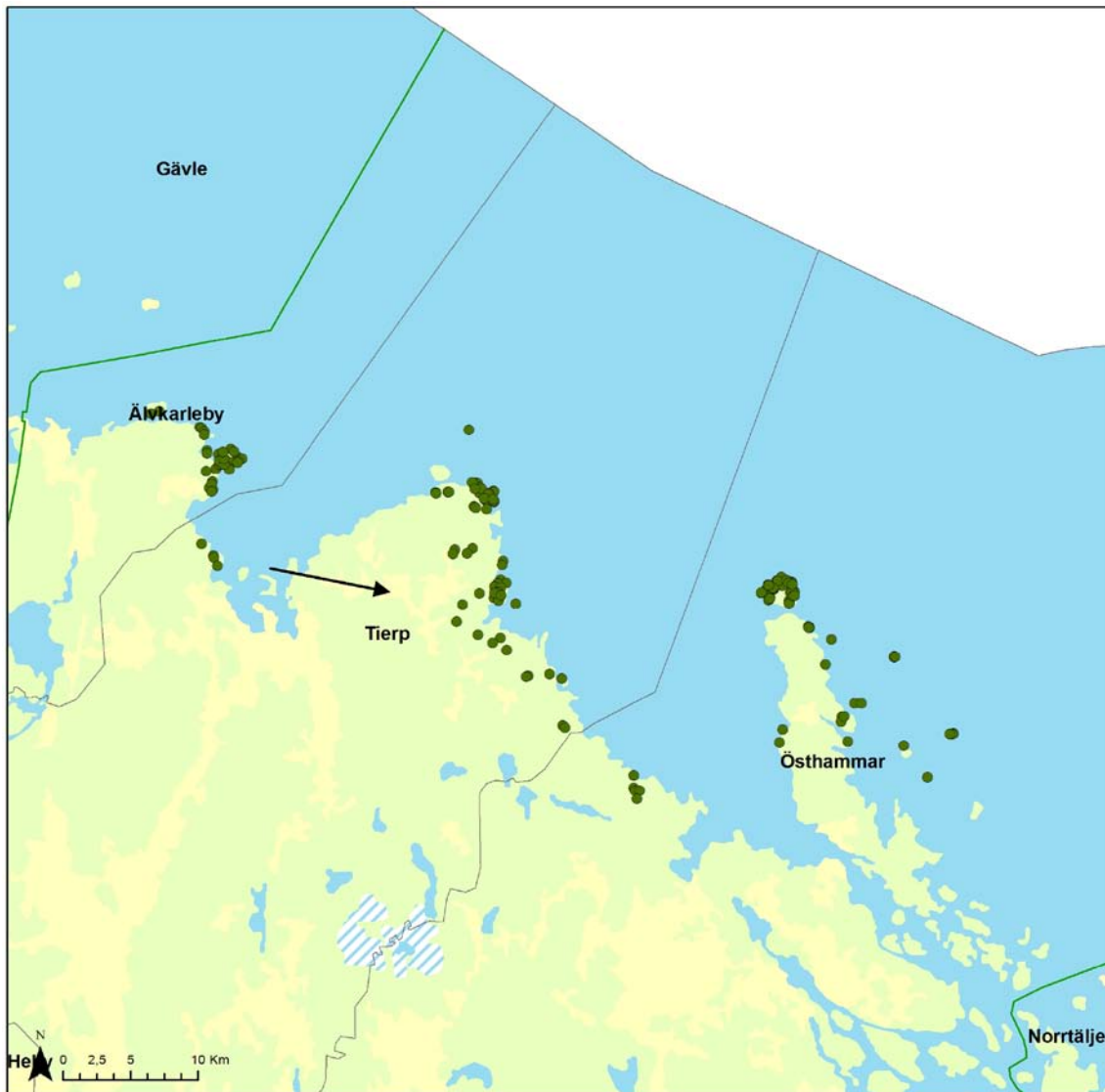
Gölgrodan finns i sju våtmarker/kalkgölar i Forsmark (se figur 5-2) Antalet kända lekvatten i Sverige är 154 (Fredrik Söderman, Länsstyrelsen i Uppsala muntl. komm. 2009). De individrikaste lokalerna är våtmarksobjekten nr 7, 12, 14, 16 och 18. Göl nr 13a har troligen svag förekomst.

Gölgroda bedöms kunna sprida sig cirka 1 km från respektive lekvatten vilket visas i figur 5-2. Större avstånd innebär betydligt sämre spridningsförutsättningar /Sjögren 1991/. I Forsmarksområdet har detta spridningsavstånd verifierats då grodorna spontant sökt sig från de ursprungligt inplanterade gölarna vid Labbofjärden till gölarna strax sydost om kärnkraftverket, en sträcka på just cirka 1 km.

Det faktum att populationen är förhållandevis isolerad från övriga populationer (se figur 5-1) gör det inte troligt att populationen inom överskådlig framtid skulle ersättas via migration från omkringliggande populationer. Förekomsterna vid Forsmark innebär dock en möjlighet för gölgrodor att sprida sig framför allt åt söder, där lämpliga miljöer finns.

Gölgrodepopulationen påverkas på två olika sätt. Dels kommer två gölar där arten finns att fyllas igen helt och en tredje att fyllas igen till hälften då ovanmarksanläggningarna ska byggas (se figur 4-1). Dels riskerar grundvattensänkningen att göra de gölar som ligger centralt i undersökningsområdet torrare och mindre lämpliga för grodorna.

Gölarna 12 och 13a kommer att fyllas igen helt medan göl 13b fylls igen delvis (se figur 4.1). Göl 12 bedöms som en mycket bra lokal och förnygring har konstaterats i denna göl. I göl 13a har spel hörts



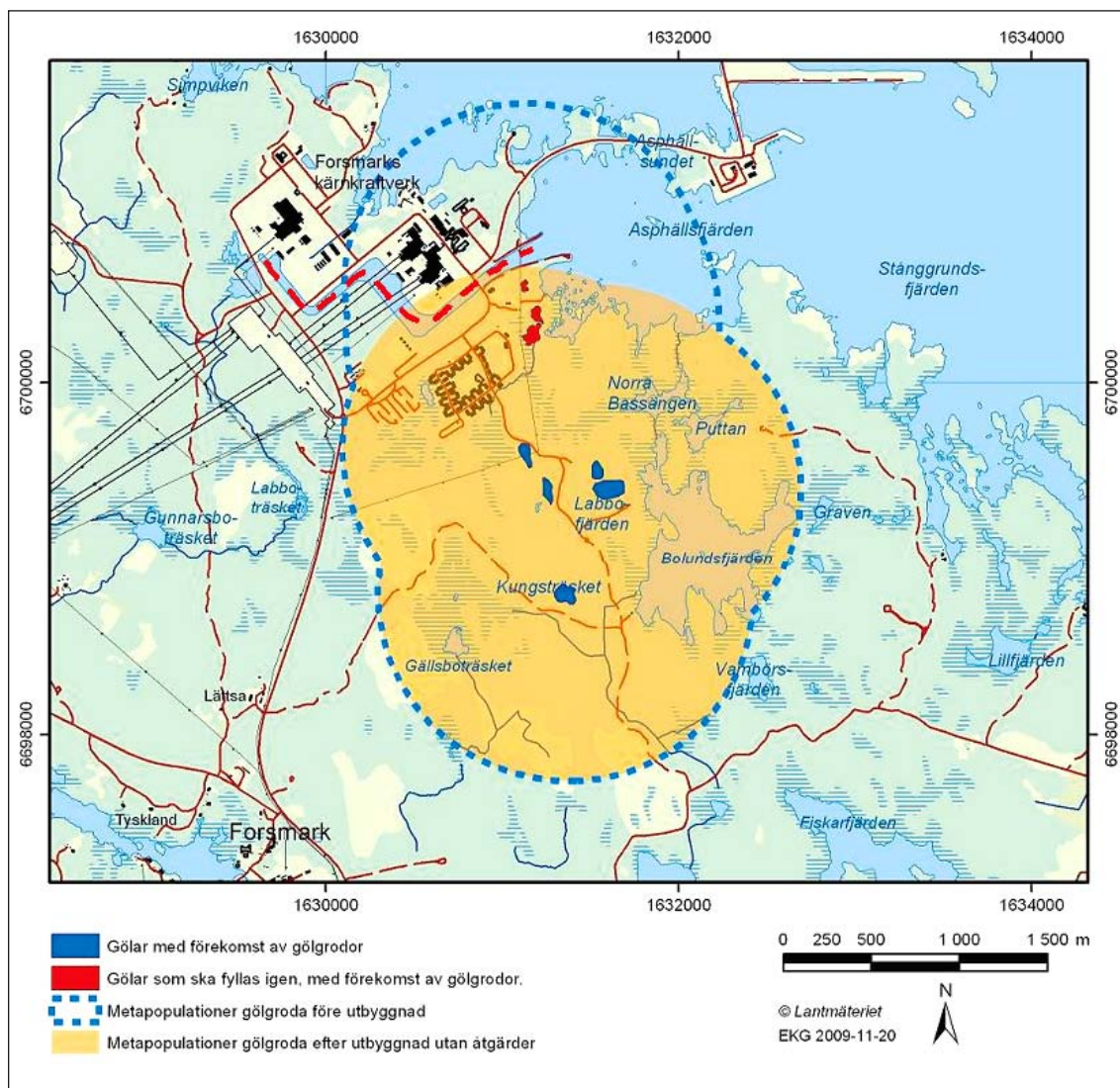
**Figur 5-1.** Gölgroda finns längs Upplandskusten. Gölgrodorna vid Forsmark (pilen) planterades in 1995 och har inte kontakt med omgivande populationer. Uppgifter om förekomst från Fredrik Söderman Länsstyrelsen Uppsala 2010.

och grodor setts, men ingen föryngring är konstaterad. Göl 13a är förbunden via ett grunt sund med 13b där grodor inte observerats. Båda dessa gölar bedöms som mindre lämpliga för gölgroda då de är lite större, djupare och också hyser fisk (se beskrivning i avsnitt 3.1).

Kartan i figur 5-2 redovisar de kända gölgrodelokalerna i undersökningsområdet. Gölar som ligger inom cirka 1 km:s avstånd från varandra visas med streckade linjer. Grodorna kan röra sig mellan de olika gölarna vilket minskar risken för utdöende.

Avsänkningen av grundvattenytan kan påverka flera gölar där gölgroda reproducerar sig. Göl 7 ligger i ett område med en beräknad grundvattenyteavsänkning på max 1 m, göl 15 ligger i ett område med en beräknad grundvattenyteavsänkning av max 0,3 m. Övriga gölgrodelokaler ligger i områden där grundvattenbalansen kan ändras. Då gölarna är mycket grunda riskerar de att torka ut vid en grundvattenavsänkning vilket slår ut reproduktionen. Detta påverkar i första hand populationerna i respektive göl.

Avsänkningen av grundvattenytan innebär dock en liten risk för att populationen av gölgroda i Forsmark kan slås ut. En grundvattenavsänkning i området påverkar befintliga lekgölar och medför sämre betingelser för grodornas lek och livsmiljö men även att våtmarkerna kring dessa miljöer



**Figur 5-2.** Kartan visar lokaliseringen av gölar med förekomst av gölgröda i Forsmark samt hur dessa gölar bildar metapopulation. En metapopulation bildas av ett nätverk av lokala populationer som har ett genetiskt utbyte mellan varandra. De blå och röda markeringarna visar var gölgröda finns i Forsmarksområdet. Buffertzonerna kring gölarna är 1 km i radie och beskriver ett avstånd inom vilket spridningsmöjligheterna av groddjur från gölarna är goda. Den streckade blå linjen beskriver dagens population. Det orangea området beskriver spridningsområde efter utbyggnad. Streckad röd linje visar kylvattenkanalen till Forsmarks kärnkraftverk som är en spridningsbarriär för groddjur.

riskerar att bli torrare, med färre lämpliga habitat och minskad konnektivitet mellan habitat som följd. Genomförda studier i regionen tyder på att det sker en migration mellan närliggande befintliga populationer som minskar risken för lokalt utdöende hos befintliga populationer /Sjögren 1991/. Om groddor dör ut i en göl beroende på slumpmässiga faktorer så kan gölen snabbt återbesättas av groddor från andra närliggande gölar. Med längre avstånd mellan gölarna tar det längre tid för groddor att hitta till nya gölar och därmed blir populationen mer sårbar. En förlust eller försämring av någon eller några viktiga reproduktionsgölar kan alltså i värsta fall innebära att hela populationen i Forsmark försvinner.

De nationella populationerna är så små att varje minskning är ett hot mot arternas fortsatta existens i Sverige. Grundvattenbortledningen och utfyllnad av lekgölar riskerar att påverka gölgrödans lokala och regionala bevarandestatus. Gölgrödans bevarandestatus är icke gynnsam men med en positiv beståndsutveckling tack vare åtgärder som genomförts inom ramen för nationellt åtgärdsprogram. /Naturvårdsverket 2000/



## 5.2.2 Arter utan risk för påverkan

Alla artskyddsförordningsarter i området kommer inte att påverkas av vare sig ovanmarksanläggningen eller grundvattensänkning. Nedan ges skälen till att vissa arter enligt 4 § inte behandlas vidare.

**Nordisk fladdermus** och **vattenfladdermus** förekommer i undersökningsområdet. Jaktområden för arterna kan påverkas då två gölar med rikt insektsliv försvinner. Inga fortplantningsområden eller särskilt värdefulla viloplatsar bedöms dock påverkas. Populationerna av båda arterna är starka och varken lokal eller regional population bedöms påverkas. Arterna har gynnsam bevarandestatus /Sohlman 2007/.

**Utter, lo, sångsvan** och **svarttärna** har setts vid enstaka tillfällen och har ingen koppling till området för ovanmarksanläggningen eller till sänkning av grundvatten.

**Spillkråka, törnskata, göktyta, fisktärna** och **skräntärna** förekommer i området men påverkas inte av grundvattensänkning. Ianspråktagande av skog för ovanmarksanläggningen kan teoretiskt påverka spillkråka men betydelsen av detta är försumbar. De andra arterna finns inte i området för ovanmarksanläggningen.

**Bivråk** har häckat i sydvästra delen av undersökningsområdet. Ingen påverkan kan förväntas av slutförvaret.

**Mindre hackspett** är en lövskogsfågel som trivs i lövsumpskogar. En grundvattensänkning skulle medföra mer sumplövskog på i dag öppna våtmarker och kommer således inte att påverka arten negativt.

**Trana** är en våtmarksfågel som kan påverkas av igenväxande våtmarker. Den har observerats i området men ingen häckning är konstaterad. Trana har en stark och växande population. Eventuell lokal och regional population bedöms inte påverkas av projektet. Trana har gynnsam bevarandestatus.

## 5.3 Arter skyddade enligt 6 § i artskyddsförordningen

I tabell 5-2 redovisas de arter som är skyddade enligt 6 § artskyddsförordningen och som förekommer i Forsmark. 6 § innebär att det är förbjudet att döda, skada, fånga eller på annat sätt samla in exemplar, liksom att ta bort eller skada ägg, rom, larver eller bon av vilt levande kräldjur, groddjur eller ryggradslösa djur som är upptagna i bilaga 2 i artskyddsförordningen. Livsmiljöer skyddas inte.

**Tabell 5-2. Arter i undersökningsområdet. Fridlysta enligt 6 § i artskyddsförordningen, upptagna i bilaga 2. 0 = ingen påverkan + = positiv påverkan – = negativ påverkan (–) = marginell negativ påverkan.**

Svenskt namn	Förekomst	Lokal population	Regional population	Gynnsam bevarandestatus
Snok	Troligen sparsamt	(–)	0	0
Vanlig groda	Troligen vanlig	(–)	0	0
Vanlig padda	Troligen vanlig	(–)	0	0
Mindre vattensalamander	Troligen vanlig	(–)	0	0
Huggorm	Troligen tämligen allmän	0	0	0
Kopparödla	Okänt	0	0	0
Skogsödla	Troligen tämligen allmän	0	0	0

### 5.3.1 Arter som kommer eller riskerar att påverkas

**Snok** förekommer troligen sparsamt i området men inga fynd finns registrerade. Inga fynd finns heller för **vanlig groda** eller **vanlig padda**. **Mindre vattensalamander** finns uppgiven från våtmarksobjekt 7 och 14. Det är dock troligt att det finns goda stammar av alla dessa groddjur. Vid igenväxning av tre gölar med omgivande våtmarker riskerar enstaka individer att skadas eller dödas. En sänkt grundvattennivå som medför torrare förhållanden påverkar indirekt dessa djur. Vanlig groda, vanlig padda, mindre vattensalamander och snok är inte beroende av att gölar håller vatten hela året som arterna större vattensalamander och gölgroda. Trots påverkan från projektet bedöms inte lokala och regionala populationer påverkas annat än obetydligt. Bevarandestatus för djuren är gynnsam.

### 5.3.2 Arter utan risk för påverkan

**Huggorm, kopparödla** och **skogsödla** är inte knutna till våta miljöer. Området för ovanmarksanläggningen är inte miljöer som kan bedömas hysa täta populationer av arterna. Ingen påverkan på lokal eller regional population förväntas. Bevarandestatus är gynnsam.

## 5.4 Arter skyddade enligt 7 § i artskyddsförordningen

I tabell 5-3 redovisas de växter som är skyddade enligt 7 § artskyddsförordningen och som förekommer i Forsmark. Det är förbjudet att avsiktligt plocka, samla in skära av, dra upp med rötterna eller förstöra dem i deras naturliga utbredningsområde i naturen.

**Tabell 5-3. Arter påträffade i undersökningsområdet skyddade enligt 7 § artskyddsförordningen, De listas med N i bilaga 1. 0 = ingen påverkan + = positiv påverkan – = negativ påverkan (-) = marginell negativ påverkan.**

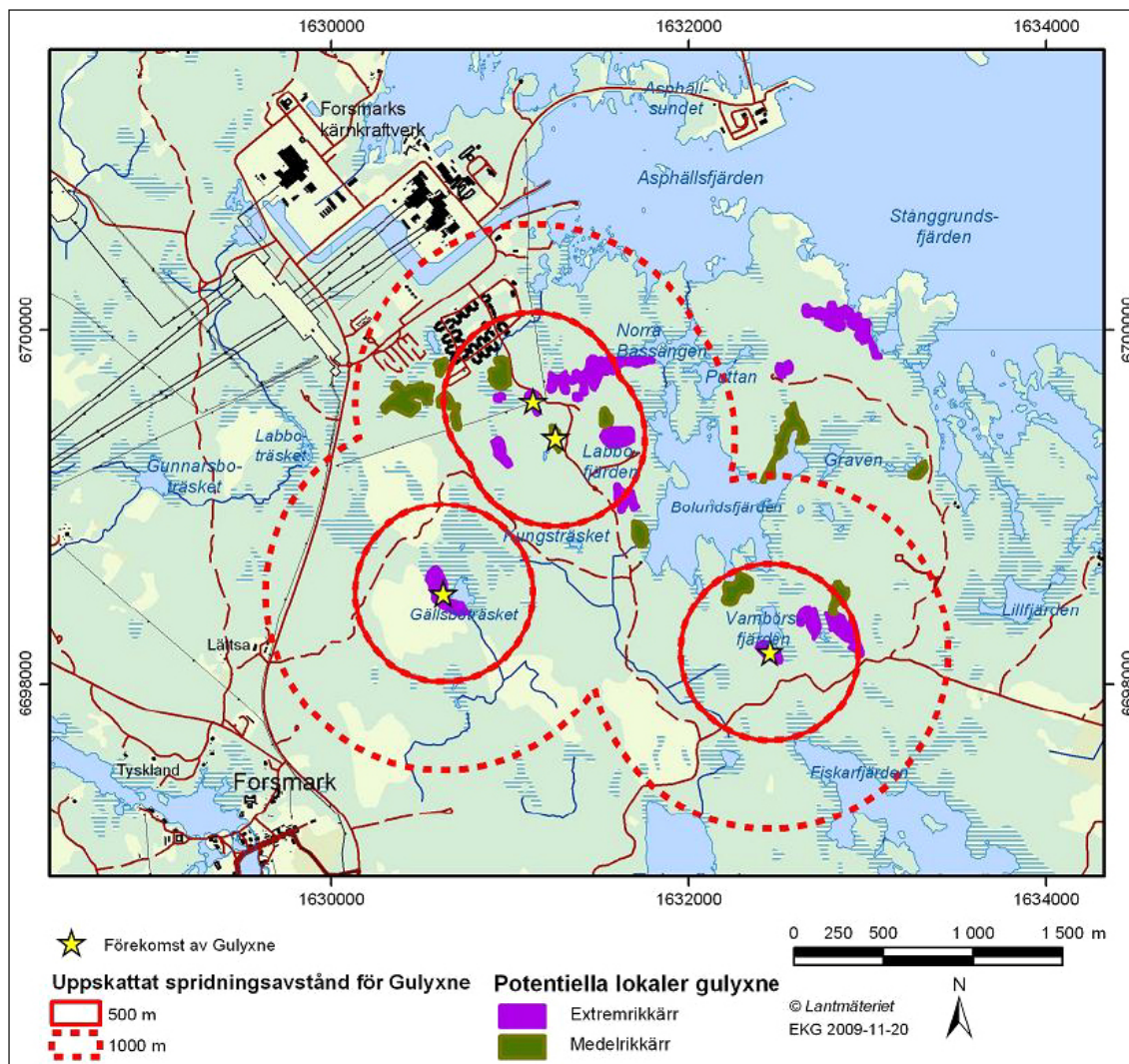
Svenskt namn	Förekomst	Lokal population	Regional population	Gynnsam bevarandestatus
Gulyxne	Fyra förekomster	–	–	–
Guckusko	En förekomst	0	0	0

### 5.4.1 Arter som kommer eller riskerar att påverkas

**Gulyxne.** I hela Sverige finns mindre än 100 kända lokaler för gulyxne och arten är starkt minskande i södra Sverige. Kärnområdet för arten är norra Uppland och södra Gästrikland där antalet lokaler är konstant, men arten minskar i antal på flera lokaler. Arten har ett strikt skydd enligt artskyddsförordningen. I Forsmarksområdet har arten hittats på fyra lokaler (se figur 5-3) inom undersökningsområdet. Förekomster i kringliggande marker är inte kända men heller inte omöjliga.

Den avsänkning av grundvattenytan som blir följden av grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen riskerar att påverka förekomsten av gulyxne på minst en, möjligtvis två lokaler av fyra kända i undersökningsområdet, se figur 5-3. En förlust av dessa leder till att arten får ett glesare nät att sprida sig från, med minskad populationsstorlek som följd och därmed större sårbarhet för slumpmässiga förändringar i miljön. För gulyxne och andra orkidéer är kunskapen om spridningsavstånd mycket bristfällig. Med spridningsavstånd menas här ett avstånd inom vilket det kan ske en effektiv spridning av frön till lämpliga miljöer eller spridning av pollen mellan blommor. Gulyxne är troligen helt självbefruktande och någon pollinering med insekter sker såvitt man vet inte. Spridning handlar då endast om fröspridning. Kartan visar uppskattat spridningsavstånd som ett intervall mellan 500 och 1 000 meter. Detta är ett avstånd som ofta används för uppskattningar av hur långt orkidéer kan sprida sig från en generation till en annan men har inte bekräftats i vetenskapliga undersökningar. Gulyxneförekomsterna har en dynamik i landskapet och arten trivs bäst i kustnära rikkärr. Det innebär att det ur ett artbevarandeperspektiv inte är tillräckligt att skydda enstaka lokaler, man måste i stället säkerställa att det finns miljöer inom rimliga spridningsavstånd till vilken arten kan sprida sig. Gulyxne har mycket specifika krav på sin miljö och urvalet av lämpliga lokaler i området är begränsat. I kartan anges extremrikkärr och medelrikkärr som kan utgöra möjliga växtplatser för arten. Utgångspunkten för bedömning av konsekvenser är därför att avsänkningen av grundvattenytan i de två lokalerna i norr riskerar att slå ut den lokala populationen och också påverka den regionala bevarandestatusen.

Påverkan på gulyxne (strikt skydd, rödlistad kategori VU) bedöms kunna skada vuxna individer och frön om inga åtgärder vidtas. Påverkan på den lokala populationen och den regionala populationen då varje minskning är ett hot mot arternas fortsatta existens i Sverige. Arten har icke gynnsam bevarandestatus.



*Figur 5-3. Gulyxne har observerats på fyra lokaler i undersökningsområdet. De två nordligaste lokalerna riskerar att påverkas av grundvattensänkning. Inom buffertzonen finns möjligheter till fröspridning och därmed nyetablering på lämpliga lokaler.*

#### 5.4.2 Arter utan risk för påverkan

**Guckusko.** Guckusko är en skogsorkidé och finns på frisk till fuktig mark. Arten har sin svenska huvudutbredning i norra Uppland-Gästrikland och Jämtlands kalkområden. Guckusko finns uppgiven från en lokal i undersökningsområdet. Lokalen ligger utanför området som påverkas av grundvattenavsänkning eller vattenbalansförändringar. Den lokala eller regionala populationen bedöms inte påverkas. Arten har en gynnsam bevarandestatus.

### 5.5 Arter skyddade enligt 8 § artskyddsförordningen

I tabell 5-4 listas de växter som är skyddade enligt 8 § artskyddsförordningen och som förekommer i Forsmark. Enligt 8 § är det förbjudet att plocka, gräva upp eller på annat sätt ta bort eller skada exemplar av växterna, samt att ta bort eller skada frön eller andra delar.

**Tabell 5-4. Arter i undersökningsområdet fridlysta enligt 8 § i artskyddsförordningen. De listas i bilaga 2. 0 = ingen påverkan + = positiv påverkan – = negativ påverkan (–) = marginell negativ påverkan.**

Svenskt namn	Förekomst	Lokal population	Regional population	Gynnsam bevarandestatus
Brudsporre	En våtmark	–	0	0
Flugblomster	En förekomst	0	0	0
Guckusko	En förekomst	0	0	0
Grönvit nattviol	Allmän	(–)	0	0
Gulyxne	Fyra förekomster	–	–	–
Jungfru Marie nycklar	Allmän	(–)	0	0
Kärrknipprot	Ej ovanligt	(–)	0	0
Nattviol	Allmän	(–)	0	0
Nästrot	Allmän	(–)	0	0
Skogsknipprot	Allmän	(–)	0	0
Skogsnycklar	Allmän	(–)	0	0
Tvåblad	Allmän	(–)	0	0
Ängsnycklar	Allmän	(–)	0	0
Lopplummer	Allmän	+	0	0
Revlummer	Allmän	+	0	0
Dvärglummer	Fem våtmarker	(–)	0	0
Käppkrokmossa	En förekomst	–	0	0

### 5.5.1 Arter som kommer eller riskerar att påverkas

**Orkidéer.** Alla orkidéer är fridlysta, Forsmarksområdet är som tidigare nämnts rikt på orkidéer. Flera av arterna skulle påverkas negativt av en sänkt grundvattenyta. Den rikliga förekomsten är dock med all sannolikhet inte begränsad till undersökningsområdet utan finns även i omgivande terräng som har liknande förutsättningar. Det medför att även om delar av orkidépopulationerna inom undersökningsområdet får mer ogynnsamma förhållanden bedöms de lokala populationerna fortfarande ha gynnsam lokal bevarandestatus.

Ett exempel är den i Forsmark något mer ovanliga orkidén **kärrknipprot**. Effektiv spridningsförmåga är inte vetenskapligt belagd men rimliga uppskattningar är cirka 500–1 000 meter. Förekomsterna ligger så tätt att de bildar en enda population, det vill säga att spridning och omkombination av gener sker effektivt över hela området (se figur 5-4). Även utanför undersökningsområdet bör populations-tätheten vara liknande, framför allt åt sydost mot Kallrigafjärden. Kärrknipprot finns med varierande täthet längs hela norra Upplandskusten.

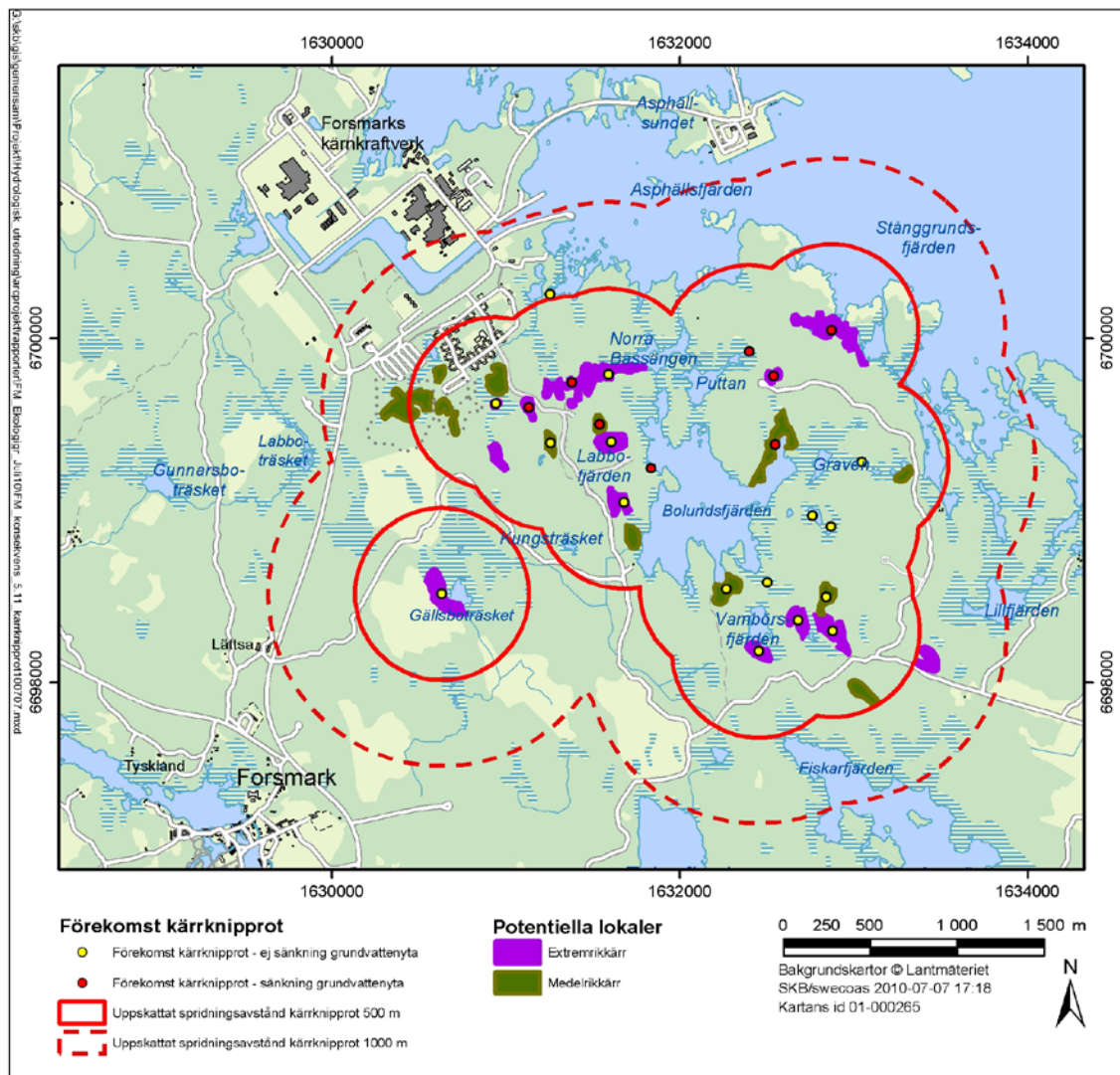
Slutsatsen är att konsekvenserna för kärrknipprot av grundvattensänkningen blir att enskilda plantor kan skadas indirekt och att arten riskerar att minska i åtta våtmarker, men att detta endast obetydligt påverkar den lokala populationen då en sammanhängande förekomst med all säkerhet sträcker sig över större delen av riksintresseområdet Forsmark-Kallriga. Den regionala populationen bedöms inte påverkas. Arten har en god bevarandestatus.

Orkidéerna **ängsnycklar, jungfru Marie nycklar, nattviol, grönvit nattviol, nästrot, skogsnycklar, skogsknipprot** och **tvåblad** är vanligare än kärrknipprot och har tätare populationer i området. Slutsatserna för dessa arter är desamma som för kärrknipprot.

**Gulyxne** behandlas under rubrik 5.4.1 och riskerar att påverkas negativt.

**Brudsporre** har bara hittats på en lokal (göl 14). Denna göl ligger inom riskområde för förändrad vattenbalans. Om vattenbalansen ändras finns risk att enskilda plantor skadas. Risk finns för att den lokala bevarandestatusen påverkas. Regional bevarandestatus bedöms inte påverkas. Brudsporre har gynnsam bevarandestatus.

**Dvärglummer** finns på fem lokaler i området. En av dessa riskerar att påverkas av kraftig grundvattensänkning, två lokaler riskerar att påverkas av förändrad grundvattenbalans. Två lokaler ligger helt utanför påverkansområdet. Arten är mycket liten och troligen förbisedd. Den finns spridd i hela



**Figur 5-4.** Förekomst av kärrknipprot i undersökningsområdet. Röd prick visar förekomst som ligger i område med prognostiserad sänkning av grundvattenyta. Gul prick visar förekomster utanför. Röda linjer visar uppskattade spridningsavstånd, 500 och 1 000 meter. Dessa kan användas för att uppskatta vad som kan betraktas som en lokal population. Det är rimligt att populationen sträcker sig även utanför det undersökta området i de likartade naturtyper som finns framför allt söder om det inventerade området.

kalkområdet längs Nordupplands kust. Populationen bedöms minska men den lokala populationen bedöms fortfarande ha en lokalt god bevarandestatus. Arten har en gynnsam bevarandestatus.

**Käppkrokmossa** finns uppgiven från en lokal (14). Denna riskerar att påverkas av förändrad grundvattenbalans. Lokal population kan påverkas. Regional population bedöms inte påverkas. Käppkrokmossa har en icke gynnsam bevarandestatus /Sohlman 2007/.

## 5.5.2 Arter utan risk för påverkan

**Flugblomster** förekommer på en lokal i södra kanten av undersökningsområdet. Växtplatsen är utanför påverkansområdet för grundvattenytensänkning och påverkan av eventuella vattenbalansförändringar. Varken lokal eller regional population bedöms påverkas. Arten har gynnsam bevarandestatus.

**Guckusko** behandlas under rubrik 5.4.1. Den enda lokalen ligger utanför området som påverkas av grundvattenavsänkning eller vattenbalansförändringar. Den lokala eller regionala populationen bedöms inte påverkas. Arten har en gynnsam bevarandestatus.

**Lopplummer och revlummer** finns i friska till torra skogstyper och påverkas inte negativt av en grundvattensänkning, snarare tvärtom.

## 6 Planerade åtgärder för bevarande av ekologisk kontinuitet

### 6.1 Fokusarter för åtgärder

I samband med uppförandet av slutförvarsanläggningen uppkommer två typer av skador där SKB planerar att vidta åtgärder för att minska påverkan på värdefulla naturmiljöer. Det rör sig dels om tre våtmarker, varav två med bekräftad förekomst av gölgroda, som helt eller delvis kommer att fyllas igen vid uppförandet av slutförvarsanläggningens driftområde ovan mark, dels fem värdefulla våtmarker (kalkgölar och rikkärr) som riskerar att påverkas av grundvattenbortledningen i form av grundvattensänkning.

Åtgärderna har utformats dels för att bevara välutvecklade artrika rikkärr med de arter som hör till dessa och dels för att säkerställa att populationen av gölgroda i Forsmark inte påverkas negativt av slutförvaret. Åtgärderna ska också säkerställa att de lokala populationerna hos arter skyddade enligt artskyddsförordningen inte påverkas på ett sätt som strider mot lagstiftningen.

I föregående kapitel har alla arter som hittats i undersökningsområdet och som skyddas av artskyddsförordningens 4, 6, 7, eller 8:e paragraf bedömts med avseende på eventuell skada från den planerade verksamheten. De arter för vilka inga åtgärder planeras är de som:

- inte är känsliga för den planerade verksamheten,
- inte förekommer i det område som påverkas,
- har en gynnsam bevarandestatus och påverkas på individnivå men där lokal och regional population är så stora att de inte påverkas mer än marginellt.

Dessa arter anges i kapitel 5 och där beskrivs också de bedömningar som gjorts för respektive art. De arter för vilka artspecifika åtgärder bedöms nödvändiga är gölgroda, gulyxne och större vattensalamander. Arterna käppkrokmossa, brudsporre samt flera andra kommer dock att gynnas av de åtgärder som planeras.

#### 6.1.1 Gölgroda

Gölgroda omfattas av ett nationellt åtgärdsprogram. Åtgärder för att bibehålla ekologisk kontinuitet av gölgroda i Forsmark innefattar vattentillförsel till de gölar som riskerar påverkas av grundvattensänkning samt anläggandet av flera nya gölar som ersättning för de som fylls igen vid driftområdet. Gölrodans förekomst och ekologi beskrivs i avsnitt 5. Åtgärderna beskrivs i avsnitten 6.3 och 6.4.

#### 6.1.2 Större vattensalamander

Större vattensalamander omfattas av ett nationellt åtgärdsprogram. Artens förekomst och ekologi beskrivs i avsnitt 5. De åtgärder som planeras för större vattensalamander är vattentillförsel till våtmarksobjekten 7, 12, 14, 15, 16 och 18 om deras hydrogeologiska eller hydrologiska förhållanden ändras till följd av grundvattenbortledningen från förvaret. Metodiken för åtgärder beskrivs i avsnitt 6.4.

#### 6.1.3 Gulyxne

Gulyxne är mycket sällsynt i Sverige och omfattas av ett nationellt åtgärdsprogram. Artens förekomst och ekologi beskrivs i avsnitt 5. De åtgärder som planeras för gulyxne är vattentillförsel till två våtmarker om deras hydrogeologiska eller hydrologiska förhållanden ändras till följd av grundvattenbortledningen från förvaret. Metodiken för detta beskrivs i avsnitt 6.4.

## 6.2 Tätning av slutförvarsanläggningens undermarksdelar

Injektering (tätning) kring tunnlar och andra utrymmen under mark är en förebyggande åtgärd som syftar till att minska inläckaget av grundvatten och effekterna av grundvattenbortledningen. Frågan om inläckage och bortledning av grundvatten samt möjligheter att begränsa inläckaget prövas inom ramen för SKB:s ansökan enligt miljöbalken.

Principen för bergtätning genom injektering innebär att man via borrhål pressar in ett injekteringsmedel (vanligen används cementbruk) som sprids och härdar i sprickor och andra hålrum i berget. Detta skapar en injekterad zon (eller injekteringsskärm) med en viss tjocklek och vattengenomsläpplighet (här betecknad  $K_{inj}$ ). Det kommer inte att bli nödvändigt att täta överallt och tätning av berget kommer att anpassas till lokala förhållanden, som till exempel sprickfrekvens. I de modellberäkningar som redovisas i avsnitt 4.2 ansätts en injekterad zon endast där  $K_{inj}$  är lägre än vattengenomsläppligheten i omgivande berg.

Man brukar som tumregel kunna förutsätta att en väl genomförd injektering kring en tunnel eller ett bergtrum ger en reduktion av vattengenomsläppligheten i det närmast omgivande berget med en faktor 100.

## 6.3 Nya gölar för gölgrodan

### 6.3.1 Omfattning och ambition för skapande av nya gölar

Sammanlagt planeras fyra nya gölar motsvarande 1 000 till 1 500 m<sup>2</sup> vattenområden tillskapas inom de fastigheter som SKB har förvärvat i Forsmark.

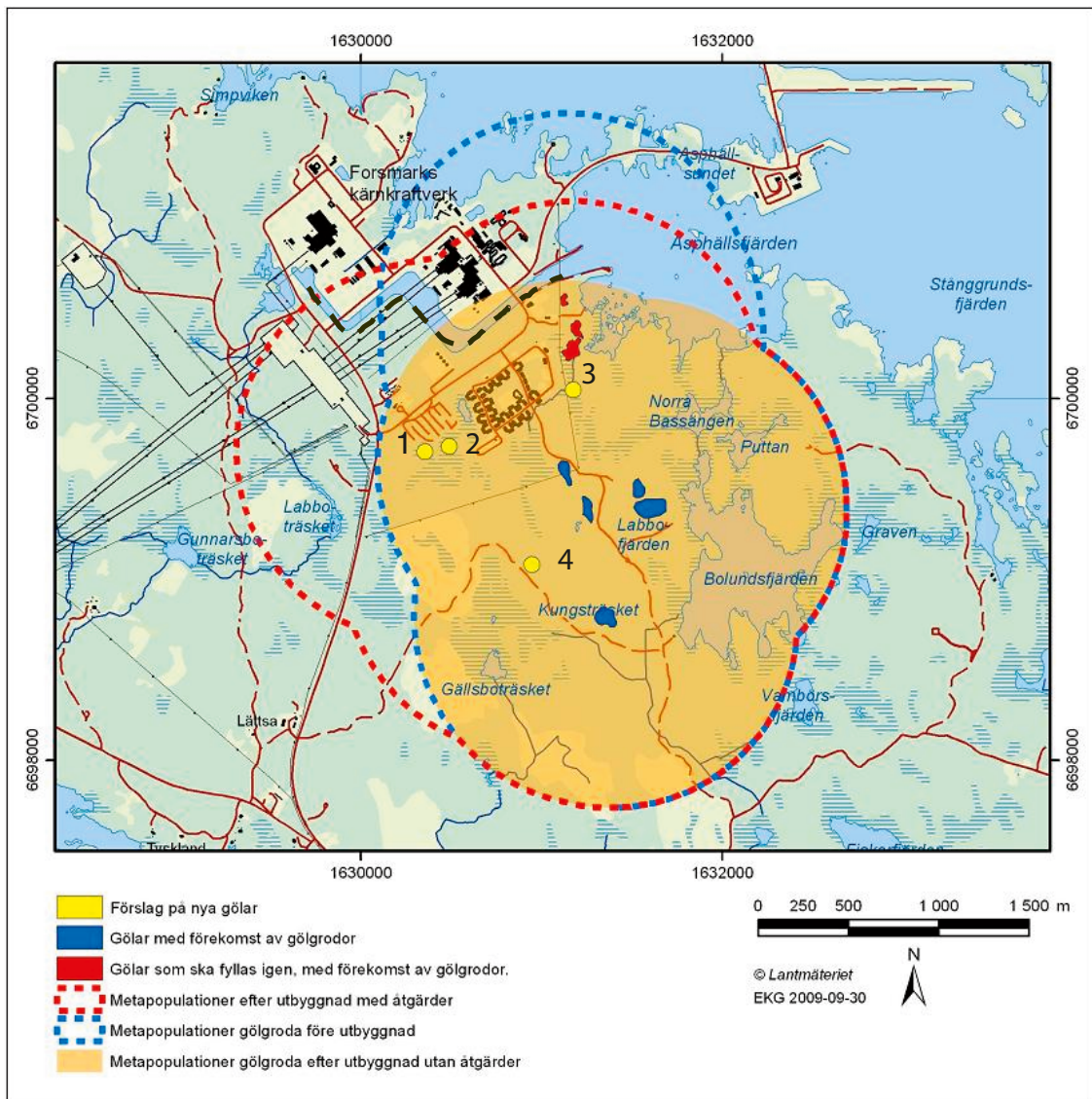
SKB har undersökt flera tänkbara platser med avseende på lämplighet att skapa livsmiljöer för gölgroda (se figur 6-1). Förutsättningar för dessa lägen redovisas i detalj i bilaga 1. Planer finns att under 2011 komplettera dessa undersökningar samt att undersöka ytterligare ett antal platser. Samtliga föreslagna platser kommer att undersökas med avseende på bland annat jordmättighet och djup till moränen.

De gölar som föreslås skapas ska fungera som livsmiljöer för gölgroda på ett sådant sätt att populationen i Forsmark inte påverkas negativt av att gölarna 12, 13a och 13b fylls igen. De nya gölarna ska göras i ordning innan göl 12, 13a och 13b fylls igen. Syftet är att säkerställa att det finns en ekologisk kontinuitet för gölgroda i Forsmarksområdet.

Lokaliseringen av lägen för nya gölar har följt följande utgångspunkter:

- I Forsmark finns en population av gölgrador som reproducerar sig och som har visat att de kan sprida sig till omgivande gölar. Detta gör att det med god säkerhet går att förutsäga att de gölar som tillskapas kommer att kolonieras, dels därför att det finns våtmarker som fungerar som spridningsvägar mellan de befintliga gölarna och de nyanlagda, dels därför att avståndet mellan gölarna är relativt kort (500–1 000 m).
- Gölarna kommer att ligga relativt samlat vilket gör att populationerna i de olika gölarna kan stödja varandra vid eventuella lokala utdöenden.
- Artskyddsförordningen anger som krav att områdets ekologiska funktion ska upprätthållas. Detta krav kan inte tillgodoses med mindre än att gölarna anläggs i närområdet.
- Inga avgörande barriärer finns i området inom vilket de nya gölarna föreslås.

Erfarenheter av att skapa konstgjorda eller restaurera gölgradedammar finns från Gårdskär 2002 /Nilsson 2002/ där Naturvårdsverket har grävt dammar i våtmarker som sedan snabbt koloniserats.



**Figur 6-1.** Gula prickar visar studerade lägen för nya grodgölar. Blå linje anger inom vilket område grodorna kan sprida sig i dag. Röd linje visar spridningsområde efter åtgärder. Orange fält visar spridningsområdet om inga åtgärder vidtas. Kylvattenkanalen till kärnkraftverket utgör en spridningsbarriär.

### 6.3.2 Principer för skapande av nya gölar

#### Lokalisering

- I första hand väljs igenväxta vatten som tidigare har varit grodlokaler eller som ligger i närheten av områden som hyser grodvatten.
- Kärr utan gölar kan väljas men då ska dessa ha förhållanden som liknar grodmiljöer. I första hand väljs platser som är utströmningsområden för grundvatten, till exempel kalkpåverkade kärr där vegetationen avslöjar en stabilt hög grundvattenyta.
- Mark med mäktiga organiska jordlager (> 1 m) ska undvikas då botten och stränder i så stor utsträckning som möjligt ska utgöras av fastmark (se nedan).
- Gölar ska inte ha direkt kontakt med havet, större sjöar eller ytvatten från större tillrinningsområden. Detta för att förhindra snabba vattenutbyten och invandring av fisk.
- Område där naturvärden förstörs, exempelvis artrika rikkärr, ska undvikas.



- Platsen för en ny göl måste vara åtkomlig för grävmaskin. Närhet till trafikerad väg bör dock undvikas då migrerande grodor lätt blir överkörda.
- Närhet till skogsmark där dikning eller avverkning kan förväntas bör undvikas.
- Nya gölar bör anläggas nära varandra och nära befintliga grodmiljöer så att kolonisering av nya lokaler och genutbyte mellan lokalerna kan ske spontant. Nya lokaler kan också med fördel placeras så att de länkar samman populationer som har separerats.
- Nya gölar bör placeras i öppna lägen utan beskuggning från träd och vassvegetation.
- Strand mot fastmark bör ligga i solexponerat läge (helst på norra eller västra sidan om det nyskapade vattnet).

### **Anläggande**

- Gölarna bör ha en storlek mellan 200 m<sup>2</sup> och 1 000 m<sup>2</sup>. Om gölarna är för små riskerar de att snabbare växa igen och torka ut. Med stora vatten ökar överlevnadschanserna för gädda eller annan rovfisk, liksom närvaron av grodpredatorer som till exempel häger.
- Flera små gölar är bättre än en stor sammanhängande därför att det skapar större variation i och tillgång till livsrum för gölgrodan, både i vattnet och på land. Praktiskt och ekonomiskt är mindre vatten att föredra, då jordmassor inte behöver flyttas lika långt som om stora ytor anläggs.
- Alla sidor behöver inte vara långgrunda om det medför risk för snabb igenväxning.
- En rund göl är bättre än en långsmal. En rund gölform ger mer vattenyta per strandlängd, vilket dels gynnar solinstrålning till vattnet, dels minskar igenväxningshastigheten.
- Grodorna gynnas av grunda vatten som snabbt värms upp på våren, samtidigt som gölarna inte får torka ut under sommaren. Ett vattendjup mellan 0,4–0,5 m eftersträvas. Djuphål bör grävas för att säkerställa att gölen inte torkar ut.
- Skuggande träd och sly bör avlägsnas i gölens omedelbara närområde. Större lövträd bör först ringbarkas. Sly av glasbjörk, al eller sälg kan med fördel avlägsnas genom rotuppdragning.
- För att undvika återkolonisering av vassvegetation grävs all vassvegetation, inklusive rotfilt, bort inom det vattenområde som skapas. Av samma skäl ska strand mot vassområde göras med en tvär och djup sektion.
- Allt organiskt material bör grävas bort så att underliggande mineraljord exponeras, eftersom en fast botten med till exempel morän och lera är bättre substrat för undervattensvegetation (kransalger) jämfört med gytta och torv.
- För att snabbt få upp vattentemperaturerna på våren är det gynnsamt att ha en tät vegetationsridå i norrkant av gölen medan framför allt syd- och västsidorna ska vara fria från skuggande vegetation.
- För att påskynda koloniseringen av önskat växt- och djurliv i de nyskapade gölarna hämtas biota från de gölar som kommer att fyllas igen. Inympning av fröbank och spridningskroppar från både djur och växter kan göras på olika sätt. En metod som visat sig vara effektiv vid anläggande av våtmarker och dammar är att samla material från botten och strandkant av en befintlig damm med mångformigt växt- och djurliv och överföra detta till den nyanlagda dammen. Ett effektivt sätt att göra detta är med slamsugningsbil.
- Vattnet i gölarna förväntas rinna till från omgivande marker. Då gölarna anläggs nära moränmark, helst i utströmningsområden, förväntas vattenkvaliteten bli kalkrik med högt pH och därmed passa gölgrodorna.

### **6.3.3 Skötsel**

Som nämnts tidigare utgör igenväxning av tidigare öppna gölar och kärrområden ett hot mot grodornas livsbetingelser i Nordupplands kustområde. Nya gölar som skapas på kärnmarker är sannolikt i ännu högre grad utsatta för igenväxning än de som naturligt utbildats via avsnörning av havsvikar. Därför är det viktigt att de nya vatten som anläggs också underhålls genom att så långt som möjligt förhindra återkoloniserande vegetation.

Ett minimikrav bör vara att uppväxande träd och slyvegetation gallras bort och avröjs inom gölens närmaste strandzon. På södersidan bör träd inte tillåtas närmare än 30–40 m från gölens strand.

Regelbunden slåtter av vass bör övervägas. Slåtter ökar inte bara solinstrålningen till vatten- och strandområden utan ger också en artrikare flora, vilket skapar naturvärden och gynnar biologisk mångfald. Det är troligt att också gölgradan gynnas av en mer lågväxande och artrik vegetation kring gölarna.

Restaurering av gölarna (främst fördjupning av igenväxande gölar) kan bli nödvändig under förvarets driftstid.

#### **6.3.4 Skyddsåtgärder för göl 13b**

En av de tre gölarna (södra gölen 13b, se figur 4-1) i området för ovanmarksanläggningen kommer endast delvis att fyllas igen. Den resterande delen kommer om möjligt att skonas för att efter byggskedet iordningställas för att utgöra en lämplig miljö för gölgrador. Under byggtiden kommer gölen att påverkas och blir därmed mindre lämplig som gölgradevatten. Tillrinnande vatten söderifrån kan med fördel ledas förbi gölen genom att en vall anläggs mot gölens södra kant med ett uppsamlingsdike som för vattnet direkt till utloppet i havet.

#### **6.3.5 Åtgärder innan utfyllnad av befintliga gölar**

De nya gölarna ska anläggas i god tid innan gölarna på driftområdet fylls igen. Det ger möjlighet till spontan invandring och etablering av nya delpopulationer.

För att rädda de gölgrador som finns i gölarna 12 och 13a föreslås åtgärder för att fånga och flytta gradorna. Åtgärderna kan gälla att fånga vuxna grador med till exempel håv eller fällor samt att leta romklumpar och förflytta dessa till nya gölar.

Beroende på tidpunkten för markarbetena vid Söderviken kan det finnas behov av att stängsla in gölar som ska fyllas igen för att hindra groddjur att ta sig tillbaka dit. Det kan också vara nödvändigt att tillfälligt stängsla in de gölar dit gradorna flyttas för att hindra att de vandrar därifrån och så att de kan tillvänjas vid den nya gölen.

Åtgärder som syftar till att fånga groddjur kräver också dispens enligt artskyddsförordningen.

### **6.4 Vattentillförsel till kalkgölar och rikkärr**

#### **6.4.1 Bakgrund och syfte**

Enligt avsnitt 4.2.2 bedöms grundvattenbortledningen kunna medföra mycket stora konsekvenser för två arter som är skyddade enligt artskyddsförordningen – gölgröda och gulyxne – om inga åtgärder vidtas. I detta avsnitt beskrivs beredskapen för artificiell vattentillförsel till kalkgölar och rikkärr, för att eliminera grundvattenbortledningens konsekvenser för dessa två arter. Av de våtmarker där gölgröda och gulyxne har observerats är två (våtmarksobjekt 7 och 15) belägna delvis inom påverkansområdet för beräknad grundvattenavsänkning. Tre (våtmarksobjekt 14, 16 och 18) ligger i nära anslutning till påverkansområdet inom den buffertzon där det är möjligt att grundvattenströmmar ändras. Förslaget på åtgärder innebär beredskap för vattentillförsel till dessa fem våtmarker. Vattentillförsel till kalkgölar och rikkärr har inte tidigare genomförts i Sverige. Miljööverdomstolen har dock i en dom beträffande grundvattenbortledning från Hallandsåstunneln bedömt att det är möjligt att genomföra skadeförebyggande åtgärder i känsliga naturtyper med hjälp av infiltration /Miljööverdomstolen 2003/. I Belgien har läckage av kalkhaltigt vatten konstaterats förändra fattigkärnsvegetation till rikkärnsvegetation /Boeye et al. 1995/.

I det följande behandlas ett antal grundläggande frågor som har utretts, bland annat för att klargöra den tekniska och ekologiska genomförbarheten (för detaljer, se bilagorna 2–4). Utredningarna behövs även som underlag för att i ett senare skede detaljplanera och förbereda de konkreta beredskapsåtgärderna.

De utredningar som avses är bland annat:

- Bedömning av vattenbehov (mängd och kvalitet) för vattentillförsel till våtmarker i Forsmarksområdet, se avsnitt 6.4.2.
- Jämförelser av lämpligheten för olika vattenkällor i Forsmarksområdet som kan användas för att försörja tillförselsystemet med vatten, se avsnitt 6.4.2.
- Beskrivning av metoder och förslag på principlösningar för att överföra vatten från en eller flera vattenkällor, samt metoder för att tillföra detta vatten till våtmarker, se avsnitt 6.4.3.
- Bedömningar av vattentillförselns hydrologiska, hydrogeologiska och ekologiska effekter, se avsnitt 6.4.4.
- Översiktligt förslag på kriterier som ska avgöra om, när och hur åtgärden med vattentillförsel ska påbörjas. Detta inkluderar även metoder för ”intrimning” och styrning av vattentillförseln, om den påbörjas, se avsnitt 6.4.5.
- Översiktligt förslag på en pilotstudie vid en våtmark i Forsmarksområdet, som underlag för att utvärdera och dra lärdomar kring hur en vattentillförselanläggning vid en våtmark tekniskt fungerar i praktiken, se avsnitt 6.4.6.
- Översiktligt förslag på ett långsiktigt program för att följa upp vattentillförselns effekter, tillförselsystemets funktion och för att underhålla systemet, se avsnitt 6.6.2.

## 6.4.2 Förutsättningar för vattentillförsel

### **Vattenbehov och vattenkvalitet**

Modellverktyget MIKE SHE /Mårtensson et al. 2010/ har använts för att bedöma de vattentillflöden som kan komma att behövas för att bibehålla opåverkade yt- och grundvattennivåer i anslutning till de fem våtmarksobjekten (se bilagorna 2 och 3). Enligt modellberäkningarna är våtmarkernas totala vattenbehov litet (årsmedelvärde knappt en liter per sekund och maximalt cirka fem liter per sekund). Detta beror på att våtmarkerna är små och att avsänkningen av grundvattenytan är liten för de flesta av våtmarkerna. De mängder vatten som kan behöva tillföras är alltså praktiskt hanterbara. Beräknade tidsserier (bilaga 2) visar att vattenbehovet varierar under året, beroende dels på att yt- och grundvattennivåerna varierar, dels på att skillnaderna mellan opåverkade och påverkade nivåer varierar under året. De varierande vattenbehoven innebär att vattentillförseln bör ske via ett styr- och regelsystem, med nivåstyrd tillförsel till varje enskild våtmark.

Det är viktigt att det vatten som tillförs våtmarkerna inte innehåller några föroreningar och att det även i övrigt har en kemisk sammansättning som liknar den i våtmarkerna. Provtagningar samt fält- och laboratorieanalyser har genomförts vid ett antal tillfällen i fyra våtmarksobjekt för att karaktärisera vattnet i våtmarkerna /Qvarfordt et al. 2010/. Bilaga 3 redovisar resultat från de provtagningar som genomförts till och med slutet på år 2009. En jämförelse med vattenkemiska data från sjöar och bäckar i Forsmarksområdet /Tröjbom et al. 2007/ visar att våtmarkerna är typiska för övriga ytvatten i området.

### **Vattentillgång**

För att försörja systemet med vatten behövs en vattenkälla, med tillräcklig tillgång och godtagbar vattenkvalitet. I bilaga 3 redovisas en bedömning av lämpligheten för alternativa vattenkällor, inklusive vatten från sjön Bruksdammen, grundvatten från befintliga eller nya borrhål, ytvatten från en lokal sjö eller bäck samt vatten från slutförvarsanläggningens undermarksdel.

Bedömningen är att det finns goda möjligheter att med en eller en kombination av olika vattenkällor försörja aktuella våtmarker med vatten av rätt mängd och kvalitet. Att använda vatten från sjön Bruksdammen förefaller vara det mest lämpliga alternativet, med hänsyn till dess jämna och tillförlitliga vattentillgång och vattenkvalitet. Vatten från ett vattenförsörjningshål som borrar från slutförvarsanläggningens ramp kan också vara ett alternativ, förutsatt att vattnet inte visar sig vara för salt. Vilken vattenkälla som är lämpligast behöver dock utredas närmare innan slutligt val kan göras.

### 6.4.3 System för vattentillförsel

Det krävs en huvudledning och distributionsledningar för att överföra vatten från en eller flera vattenkällor till våtmarkerna. Vinterdrift bedöms preliminärt inte vara nödvändig ur ekologisk synpunkt. För att möjliggöra individuellt nivåstyrd vattentillförsel krävs ett separat styr- och reglersystem för respektive våtmark.

Sedan finns det olika metoder som kan användas för vattentillförseln. För att så långt som möjligt återskapa ett "naturligt" yt- och grundvatten, med motsvarande vattenkemisk karaktär som det vatten som finns i våtmarkerna, bör dock vattnet tillåtas passera genom marken innan det når våtmarken. Exempelvis kan då vattnet tillföras via infiltrationsbrunnar, eller via en brunn som är kopplad till hålförsedda spridningsledningar (typ dräneringsrör) som läggs ner i anlagda så kallade perkolationsmagasin ("stenkistor"). Det principförslag som beskrivs nedan avser tillförsel via perkolationsmagasin (se principskiss i figur 6-2), även om andra tekniska lösningar är möjliga.

Ett perkolationsmagasin vid en våtmark förläggs lämpligen i en sluttning ner mot våtmarken. Den övre metern av moränen i Forsmarksområdet har generellt en högre vattengenomsläpplighet jämfört med moränens djupare delar /Johansson 2008/, vilket innebär att det tillförda vattnet sannolikt kommer att flöda mot rikkärret och gölen inom den övre delen av moränen. Det höga kalkinnehållet i moränen i Forsmarksområdet /Hedenström och Sohlenius 2008/ innebär att kalktillförsel (kalkbädd) sannolikt inte kommer att behövas. Bilaga 3 ger en närmare teknisk beskrivning av ett system för vattentillförsel samt de kvartärgeologiska och hydrogeologiska förhållandena vid de fem våtmarkerna. Vattentillförselns hydrogeologiska effekter diskuteras närmare i avsnitt 6.4.4.

### 6.4.4 Vattentillförselns förväntade effekter

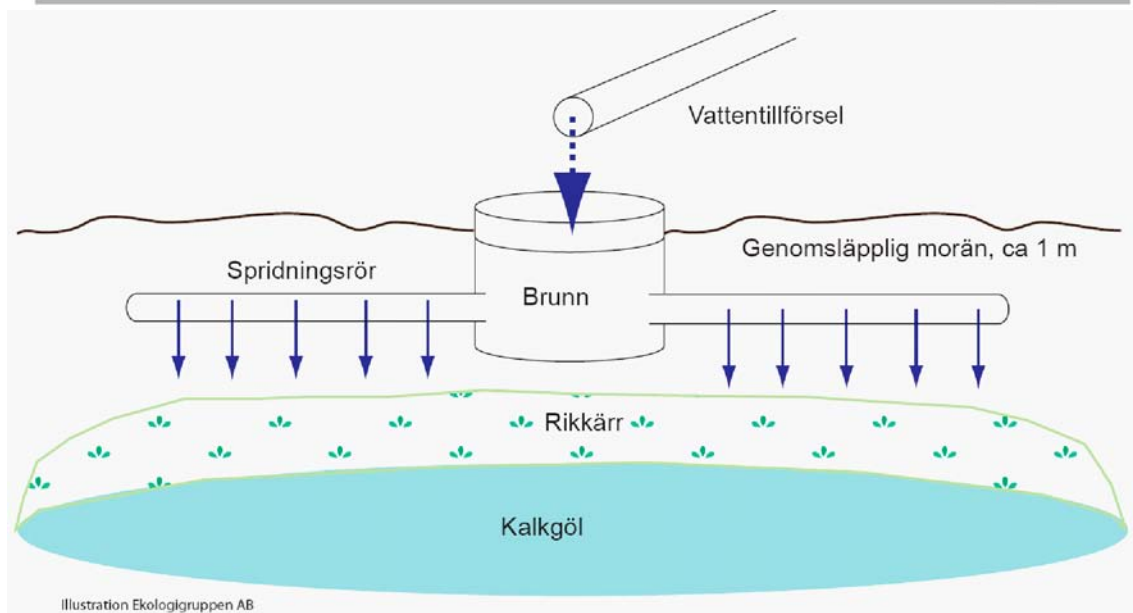
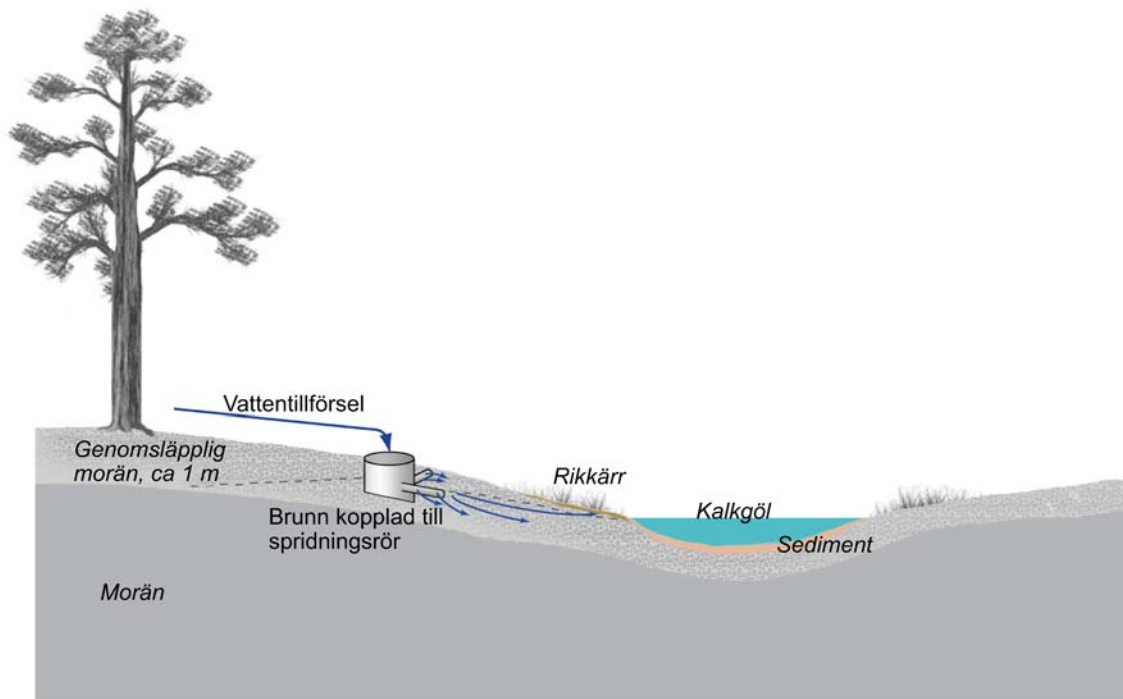
#### *Tillförselns hydrogeologiska effekter*

Beräkningarna visar att det bör vara möjligt att med en förhållandevis begränsad vattentillförsel bibehålla en förhöjd grundvattenyta i anslutning till en tillförselanläggning, oavsett om denna utformas som ett perkolationsmagasin eller en infiltrationsbrunn (eller flera). I bilaga 4 redovisas beräkningar av höjningen av grundvattenytans nivå vid ett perkolationsmagasin, vid en infiltrationsbrunn samt i tillförselanläggningens omgivning (se även diskussion i bilaga 3). Tillförselanläggningens utformning påverkar formen på vattentillförselns influensområde, speciellt nära tillförselanläggningen. Lite förenklat skulle man kunna säga att perkolationsmagasinet är "effektivare i sidled" jämfört med en infiltrationsbrunn. På större avstånd från tillförselanläggningen minskar dock inverkan av på vilket sätt vattnet tillförs. För att erhålla en viss höjning av grundvattenytan vid en nedströms belägen våtmark, kan det dock krävas att man höjer vattenytan i en infiltrationsbrunn mer jämfört med den höjning som krävs av grundvattenytan under ett perkolationsmagasin. Detta beror helt enkelt på att vattnet i det senare fallet tillförs över en yta i stället för i en punkt.

Detaljerad projektering av tillförselanläggningarna kommer sannolikt att kräva vissa kompletterande fältundersökningar, till exempel sondering eller borring vid möjliga lägen för perkolationsmagasin eller infiltrationsbrunnar. Vidare planerar SKB att genomföra en tidsmässigt avgränsad pilotstudie vid en våtmark i Forsmarksområdet (se avsnitt 6.4.6), i syfte att utvärdera och dra lärdomar kring hur en vattentillförselanläggning tekniskt fungerar i praktiken. Planen är att genomföra en sådan pilotstudie i god tid innan grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen påbörjas. En preliminär beskrivning av genomförande och tidplan för vattentillförseln (inklusive en pilotstudie) ges i avsnitten 6.4.5 och 6.4.6.

#### *Tillförselns ekologiska effekter*

Infiltrationen av kalkrikt vatten kommer att efterlikna de naturliga processer som uppstår vid högt grundvatten. Eftersom infiltrationen sker i sluttningar ovanför de mest typiska rikkärssamhällena kommer det kalkhaltiga vattnet att sippra ut i eller strax under ytan i dessa miljöer. Detta leder till att växtsamhällena och dess värden kan bestå. Genom att vattnet leds via moränen på sidorna av gölarna kommer det också att ha samma temperatur som ett naturligt grundvattenflöde skulle ha. Infiltrationen i moränen ger också vattnet likartade kemiska egenskaper som det naturliga grundvattnet.



**Figur 6-2.** Principskisser av vattentillförsel till rikkärr och kalkgöl.

### **Sammanfattande bedömning**

Sammantaget bedöms det som tekniskt och ekologiskt genomförbart att bevara naturvärden och arter i kalkgölar och rikkärr genom den beskrivna metoden för vattentillförsel. Detta innebär att grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen inte ska medföra några ekologiska konsekvenser för de kalkgölar och rikkärr där en avsänkning av grundvattenytan förväntas.

#### **6.4.5 Förslag på genomförande och tidplan**

Detta avsnitt ger ett översiktligt förslag på hur vattentillförseln vid behov ska genomföras (se även bilaga 3).

Åtgärder i form av vattentillförsel genomförs endast om det uppstår hydrogeologiska och/eller hydrologiska förändringar i någon av de fem utpekade våtmarkerna och om dessa förändringar beror på grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen. Detta kriterium innebär att ett kontrollprogram behöver upprättas, inklusive mätningar i ett eller flera referensområden. Ett förslag på kontrollprogram beskrivs i avsnitt 6.6. Förslagsvis ska en observerad nivåförändring (avvikelse från ostörda förhållanden) bestå under i storleksordningen ett år innan beslut tas om att påbörja vattentillförseln.

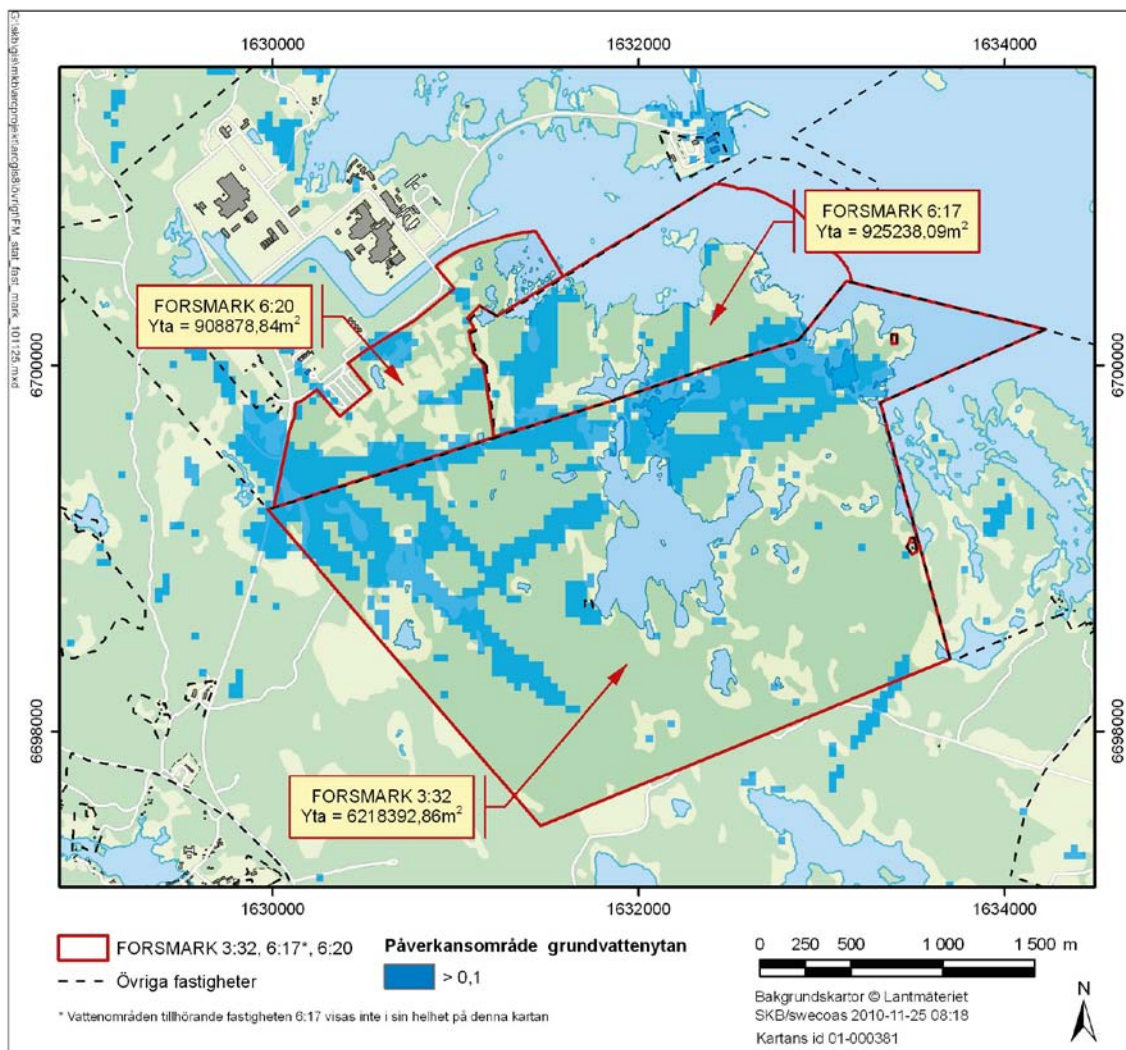
Efter ett eventuellt beslut om att initiera vattentillförseln, samt till vilken eller vilka våtmarker vatten ska tillföras, kan arbetet påbörjas med att anlägga tillförselanläggningen med tillhörande ledningar och övriga installationer, vilket kan ta en viss tid. Det är därför rimligt att förutsätta att vattentillförseln kan påbörjas tidigast sommarsäsongen efter beslutet.

#### **6.4.6 Pilotstudie**

SKB planerar att som ett steg i förberedelserna för vattentillförsel genomföra en tidsmässigt avgränsad pilotstudie vid en våtmark i Forsmarksområdet innan grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen påbörjas. En sådan studie kommer att ge SKB ett viktigt underlag för att utvärdera och dra lärdomar kring hur en vattentillförselanläggning vid en våtmark tekniskt fungerar i praktiken. Under 2011 planerar SKB att förbereda genomförandet av studien för att kunna initiera själva fältförsöket under sommaren 2012. Preliminärt bedöms studien kunna genomföras vid våtmarksobjekt 7 (se figur 4-3). I våtmarken förekommer både gölgroda och gulyxne, och den är redan i dagsläget försedd med pegel- och grundvattenrör med automatiskt registrerande nivåmätningssutrustning. Vidare är våtmarken belägen inom det prognostiserade påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning. Man bör kunna erhålla tillfällig vattenförsörjning för försöket från en inkopplingspunkt på FKA:s vattenledningsnät i bostadsområdet (området för tillfälligt boende). Inom pilotstudien utförs vattentillförseln förslagsvis sommartid, då grund- och ytvattennivåerna är låga.

### **6.5 Skötsel av SKB:s mark i Forsmark**

SKB har förvärvat flera fastigheter i Forsmark. Fastigheterna täcker större delar av påverkansområdet för en grundvattensänkning (se figur 6-3). För dessa fastigheter kommer SKB att under 2011 ta fram en skötselplan. Förutom industrimark består fastigheterna av skog, kustområde, sjöar och våtmarker. Skötsel av SKB:s mark i Forsmark planeras omfatta insatser för skogsmarker och våtmarker. Förutom för de skogspartier som är av utpräglad skogsbrukskaraktär kommer skötsel av området att vara inriktad på att bevara och gynna naturvärdena i både skogs- och våtmarksmiljöer.



Figur 6-3. Karta över SKB:s fastigheter (Forsmark 3:32 och 6:17 nyligen ihopslagna och Forsmark 6:20).

## 6.6 Uppföljning och kontrollprogram

### 6.6.1 Nya gölgrodelokaler

Funktionen hos de nygrävda gölgrodedammarna kontrolleras till en början årligen. När gölen har en stadig population kan intervallen glesas. Inventeringar ska genomföras med avseende på förekomst och reproduktion av gölgröda. Populationen kan grovt uppskattas genom räkning av spelande hannar. Reproduktionen följs upp genom räkning av romklumpar och smågrodor. Räkningen ger inget absolut mått på antalet grodor.

Igenväxning av dammar kontrolleras med avseende på areal öppen vattenyta. Igenväxning i omgivningen följs genom kontroll av trädhöjd inom närområdet enligt de krav som ställts upp i avsnitt 6.3.2.

Om etablering av gölgrödor inte sker spontant eller om populationen sjunker onaturligt (gölgrödor har stora naturliga variationer i populationen) ska orsaker sökas och åtgärdas (till exempel intensifierad skötsel, inplantering av lämpliga växter, trädröjning etc).

## **6.6.2 Vattentillförsel till våtmarker**

### ***Hydrogeologiska förhållanden i våtmarker***

Ett förslag till kontrollprogram för grundvattenbortledningen ingår i ett samlat kontrollprogram i en bilaga till Slutförvarets ansökan enligt miljöbalken och redovisas inte här.

Det översiktliga förslaget till kontrollprogram som anges här avser endast de fem våtmarker som kan bli aktuella för infiltrationsåtgärderna. Förslaget nedan syftar dels till att ge beslutsunderlag för eventuell initiering av vattentillförsel, dels till att följa upp effekterna av sådana åtgärder.

Vattentillförsel kommer att påbörjas endast om det uppstår grund- eller ytvattennivåförändringar i någon av de fem utpekade våtmarkerna, och om dessa förändringar beror på grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen. För att kunna urskilja nivåförändringar som är att hänföra till grundvattenbortledningen, måste kontrollprogrammet omfatta både de aktuella våtmarkerna och andra, liknande våtmarksmiljöer i ett eller flera referensområden.

Pegel- och grundvattenrör samt nivåmätningsutrustning har installerats i bland annat våtmarksobjekten 7, 14, 16, 18 och 23 /Werner et al. 2009/. Dessa installationer möjliggör en långsiktig uppföljning av grund- och ytvattennivåerna i dessa våtmarksobjekt. Motsvarande mätningar behöver även göras i ett referensområde (eller flera referensområden) med så likartade meteorologiska, topografiska och hydrogeologiska förhållanden som möjligt som i det område där de aktuella våtmarkerna i Forsmark är belägna, helst i ett skyddat område där inte omgivningsförändringar är troliga.

I bilaga 5 redovisas en översiktlig sammanställning rörande möjliga referensområden, inklusive våtmarker i perifera delar av Forsmarksområdet, våtmarker på Hållnåshalvön (vid kusten, cirka 20 km nordväst om Forsmark) och SKB:s tidigare förstudieområde i Finnsjön (inåt landet, cirka 15 km sydväst om Forsmark).

Det behövs även konkreta kriterier för om och när beslut ska tas om att påbörja vattentillförsel till våtmarkerna i Forsmarksområdet. Utvärderingsmetoder och kriterier diskuteras kortfattat i bilaga 5.

### ***Uppföljning av vattentillförselns hydrogeologiska effekter samt underhållsbehov***

Då vattentillförseln påbörjats kommer tillförselanläggningarna att behöva ”trimmas” in och vid behov justeras, för att säkerställa anläggningarnas funktion och för att få önskad styrning av tillflöden och nivåer. Även under den fortsatta driften av anläggningarna kommer det att behövas en kontinuerlig uppföljning av deras funktion och effekter.

Vid långvarig drift är det viktigt att följa upp och vid behov åtgärda vattentillförselanläggningens kapacitet, eftersom kapaciteten kan minska med tiden på grund av olika typer av igensättningar. Risken för igensättningar bör även beaktas vad gäller egenskaperna hos det tillförda vattnet, som därför regelbundet bör provtas och analyseras under hela den tid som tillförselanläggningarna är i drift. För en närmare diskussion kring dessa frågor, se bilaga 5.

### ***Ekologisk uppföljning***

Uppföljning av gölgrodepopulationen görs årligen på samma sätt som för de tillskapade gölgrade-lokalerna (avsnitt 6.6.1), det vill säga inventeringar med avseende på förekomst och reproduktion av gölgroda.

Populationen kan uppskattas genom räkning av spelande hannar. Reproduktion följs upp genom räkning av romklumpar och smågrodor. Räkningen ger inget absolut mått på antalet grodor.

Igenväxning av våtmarkerna kontrolleras med avseende på areal öppen vattenyta. Omgivningen följs genom kontroll av trädhöjd inom närområdet enligt de krav som ställts upp för anläggning i avsnitt 6.2.

Om population gölgrodor sjunker onaturligt (gölgrodor har stora naturliga variationer i populationen) ska orsaker sökas och åtgärdas.



Större vattensalamander anses ha liknande ekologiska krav som gölgroda. Därför bedöms inget specifikt uppföljningsprogram för arten behövas.

Gulyxne: Uppföljning av förekomst görs som räkning av exemplar samt genom uppföljning av vegetation i provytor. Uppföljning ska göras enligt metodik för rikkärr som tas fram i det biogeografiska uppföljningsprogram som utarbetas av Naturvårdsverket.

## 7 Förväntade konsekvenser med planerade åtgärder

Med de åtgärder som beskrivs i kapitel 6 bedömer SKB att projektet inte försvårar upprätthållandet av en gynnsam bevarandestatus hos arternas bestånd i dess naturliga utbredningsområde.

Åtgärder har som beskrivs i kapitel 5 bedömts nödvändiga för främst gölgrodan, gulyxne och större vattensalamander men gynnar samtidigt en rad andra skyddade arter som är knutna till samma miljöer. För gölgroda, gulyxne och större vattensalamander görs följande bedömningar:

### **Gölgroda**

För gölgrodan bedömer SKB att dispens krävs då livsmiljöer för gölgrodan kommer att förstöras. Vidare krävs också dispens för att i samband med utfyllnaden av befintliga gölar kunna fånga och därmed rädda individer. Slutligen riskerar gölar med förekomst av gölgroda att påverkas av en grundvattensänkning. Med de föreslagna åtgärderna kommer gölgroda att få tillgång till flera reproduktionsgölar i nära anslutning till befintliga gölar och sambanden, och därmed överlevnadschanserna, för grodorna förväntas förbättras gentemot nollalternativet. Lokal population, regional population och artens bevarandestatus bedöms inte påverkas negativt.

### **Gulyxne**

För gulyxne bedömer SKB att dispens kan behövas då individer indirekt kan skadas av en grundvattensänkning om inga åtgärder vidtas. Bedömningen är att gulyxne med de föreslagna åtgärderna kommer att kunna finnas kvar utan att skadas i de gölar (7, 16, 49, 71) där den finns i dag då de naturliga vattennivåerna kommer att garanteras av infiltrationsåtgärderna i våtmark 7 och 16. Våtmarkerna 49 och 71 påverkas inte. Den lokala populationen bedöms därför inte påverkas negativt. Genom att också andra våtmarker kommer att infiltreras om behov uppstår kommer även ett nätverk av lämpliga miljöer att finnas kvar. Lokal population, regional population och artens bevarandestatus bedöms inte påverkas negativt.

### **Större vattensalamander**

För större vattensalamander bedömer SKB att dispens kan behövas då individer indirekt kan skadas av en grundvattensänkning om inga åtgärder vidtas. Större vattensalamander har observerats i endast två gölar (17 och 14) med risk för påverkan. Den finns troligen i flera gölar i området. Beredskap för infiltrationsåtgärder i göl 14 samt i andra gölar säkerställer gölarnas ekologiska funktion för salamandrarna. De gölar som görs i ordning för gölgroda kommer också att gynna större vattensalamander. Lokal population, regional population och artens bevarandestatus bedöms inte påverkas negativt.

Utöver gölgroda, gulyxne och större vattensalamander bedömer SKB att dispens behövs för de skyddade arterna som listas i tabellerna 7-1, 7-2 och 7-3 då dessa kommer eller kan komma att påverkas av den planerade verksamheten om än i liten omfattning. För dessa arter föreslås dock inga artspecifika åtgärder. De har en gynnsam bevarandestatus och finns i täta populationer inom och runt området. Dessutom kommer många att gynnas av de redan planerade åtgärderna (se avsnitt 6) såsom skapande av nya gölar, infiltration runt befintliga rikkärr eller skötselinsatser inriktade på våtmarker. Slutsatsen blir då att arternas lokala bevarandestatus inte påverkas mer än marginellt.

**Tabell 7-1. Arter skyddade enligt 4 § artskyddsförordningen.**

Art	Konsekvens efter åtgärder
Åkergroda	Arten kommer att gynnas av de åtgärder som genomförs för gölgroda. Vilket innebär att en kontinuerlig ekologisk funktion kan säkerställas.
Havsörn	Med normal hänsyn i uppförandeskede bedöms ingen påverkan ske.
Pudrad kärrtrollslända	Enstaka individer kan påverkas men anläggande av dammar för gölgroda innebär att en kontinuerlig ekologisk funktion kan säkerställas.
Citronfläckadkärrtrollslända	Enstaka individer kan påverkas men anläggande av gölar för gölgroda innebär att en kontinuerlig ekologisk funktion kan säkerställas.

**Tabell 7-2. Arter skyddade enligt 6 § artskyddsförordningen.**

Art	Konsekvens efter åtgärder
Mindre vattensalamander	Arten kommer att gynnas av de åtgärder som genomförs för gölgroda. Kontinuerlig ekologisk funktion kan säkerställas, även om enstaka individer kan skadas.
Vanlig groda	Arten kommer att gynnas av de åtgärder som genomförs för gölgroda. Kontinuerlig ekologisk funktion kan säkerställas, även om enstaka individer kan skadas.
Vanlig padda	Arten kommer att gynnas av de åtgärder som genomförs för gölgroda. Kontinuerlig ekologisk funktion kan säkerställas, även om enstaka individer kan skadas.
Snok	Arten kommer att gynnas av de åtgärder som genomförs för gölgroda. Kontinuerlig ekologisk funktion kan säkerställas, även om enstaka individer kan skadas.

**Tabell 7-3. Arter skyddade enligt 8 § artskyddsförordningen.**

Art	Konsekvens efter åtgärder
Brudsporre	Finns i våtmark 14. Genom infiltrationsåtgärder (om nödvändigt) kommer våtmark 14 samt ett nätverk av lämpliga miljöer att finnas kvar. Lokal population, regional population och artens bevarandestatus bedöms inte påverkas negativt.
Käppkrokmossa	
Dvärglummer	Finns i fem våtmarker (14, 16, 23, 49, 46a). Genom infiltrationsåtgärder (om nödvändigt) kommer dvärglummer att kunna finnas kvar i kvar i våtmarker 14 och 16. Våtmarkerna 46a och 49 påverkas inte. Lokal population, regional population och artens bevarandestatus bedöms inte påverkas negativt.
Ängsnycklar	Enskilda plantor kan skadas indirekt och arterna riskerar att minska i flera våtmarker men detta påverkar endast obetydligt den lokala populationen då en sammanhängande förekomst med all säkerhet sträcker sig över större delen av riksintresseområdet Forsmark-Kallriga. Infiltrationsåtgärder (om nödvändigt) i fem våtmarker garanterar förekomsterna av våtmarksorkidéer i dessa. De regionala populationerna bedöms inte påverkas. Alla arterna har en god bevarandestatus.
Kärrknipprot	
Jungfru Marie nycklar	
Nattviol	
Grönvit nattviol	
Nästrot	
Skogsnycklar	
Skogsknipprot	
Tväblad	

## **8 Övriga formella krav**

### **8.1 Formella krav för skapande av nya gölar för gölgrodan**

Anläggande av en våtmark är enligt förordning (1998:1388) om vattenverksamhet med mera en anmälningspliktig vattenverksamhet, om vattenområdets yta inte överstiger fem hektar (50 000 m<sup>2</sup>). SKB avser att lämna in anmälan om vattenverksamhet till Länsstyrelsen då dispens från artskydds-förordningen erhållits.

### **8.2 Formella krav för vattentillförsel till våtmarker**

Enligt 11 kapitlet 2 § i miljöbalken utgör tillförsel av vatten för att öka grundvattenmängden en tillståndspliktig vattenverksamhet. I ansökan enligt miljöbalken för slutförvarssystemet kommer ett yrkande finnas om att få återinfiltrera vatten i mark som en skyddsåtgärd. För pilotstudien, som syftar till att utvärdera tekniken för vattentillförseln, görs bedömningen att denna inte påverkar några allmänna eller enskilda intressen och därför inte kräver tillstånd enligt 11 kapitlet i miljöbalken.

Om vatten från sjön Bruksdammen används som vattenkälla för vattentillförseln, avser SKB att genom ett civilrättsligt avtal med FKA (Forsmarks Kraftgrupp AB) hantera frågor kring leverans och anslutningspunkt. Det bedöms finnas goda marginaler för att tillgodose de vattenbehov som kan bli aktuella för vattentillförseln inom FKA:s gällande tillstånd.

## 9 Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på [www.skb.se/publikationer](http://www.skb.se/publikationer).

- Andréasson J, Bergström S, Carlsson B, Graham P, Lindström G, 2004.** Hydrological change – climate change impact simulations for Sweden. *Ambio*, 33, s 228–234.
- Axelsson C-L, Follin S, 2000.** Grundvattenytensänkning och dess effekter vid byggnation och drift av ett djupförvar. SKB R-00-21, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Boeye D, van Straaten D, Verheyen R F, 1995.** A recent transformation from poor to rich fen caused by artificial groundwater recharge. *Journal of Hydrology*, 169, s 111–129.
- Bosson E, Gustafsson L-G, Sassner M, 2008.** Numerical modelling of surface hydrology and near-surface hydrogeology at Forsmark. Site descriptive modelling, SDM-Site Forsmark. SKB R-08-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Brantberger M, Janson T, 2009.** Underground Design Forsmark, Layout D2. Grouting. SKB R-08-114, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Follin S, 2008.** Bedrock hydrogeology Forsmark. Site descriptive modelling, SDM-Site Forsmark. SKB R-08-95, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hedenström A, Sohlenius G, 2008.** Description of the regolith at Forsmark. Site descriptive modelling, SDM-Site Forsmark. SKB R-08-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Johansson P-O, 2008.** Description of surface hydrology and near-surface hydrogeology at Forsmark. Site descriptive modelling, SDM-Site Forsmark. SKB R-08-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Miljööverdomstolen, 2003.** Dom 2003-10-17 i mål M 1894-03. Svea hovrätt.
- Mårtensson E, Gustafsson L-G, 2010.** Hydrological and hydrogeological effects of an open repository in Forsmark. Final MIKE SHE flow modelling results for the Environmental Impact Assessment. SKB R-10-18, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Mårtensson E, Gustafsson L-G, Gustafsson A-M, Aneljung M, Sabel U, 2010.** Hydrologiska och hydrogeologiska effekter på våtmarker och skogsområden av en slutförvarsanläggning i Forsmark. Resultat från modellering med MIKE SHE. SKB R-10-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Naturvårdsverket, 2000.** Åtgärdsprogram för bevarande av gölgroda (*Rana lessonae*): hotkategori: sårbar (VU). Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket, 2009.** Handbok för artskyddsförordningen. Del 1. Fridlysning och dispenser. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Nilsson J, 2002.** Rapport om restaurering av småvatten i Häckskär, östra Gårdskär. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Qvarfordt S, Borgiel M, Berg C, 2010.** Monitoring Forsmark. Hydrochemical investigations in four calciferous lakes in the Forsmark area. Results from complementary investigations in the Forsmark area, 2008–2009. SKB P-10-25, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ridderstolpe P, Stråe D, 2010.** Vattenhantering vid ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark – läge Söderviken. SKB P-10-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Sjögren P, 1991.** Extinction and isolation gradients in metapopulations: the case of the pool frog (*Rana lessonae*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 41, s 135–147.
- SKB, 2009.** Underground design Forsmark. Layout D2. SKB R-08-116, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Sohlman A, 2007.** Arter & naturtyper i habitatdirektivet: tillståndet i Sverige 2007. Uppsala: Artdatabanken.
- Tröjbom M, Söderbäck B, Johansson P-O, 2007.** Hydrochemistry in surface water and shallow groundwater. Site descriptive modelling, SDM-Site Forsmark. SKB R-07-55, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Udd D, Rydin H, 2008.** Är vassen *Phragmites australis* ett hot mot rikkärren? *Svensk Botanisk Tidskrift*, 102, s 85–99.
- Werner K, Lundholm L, Johansson P-O, 2009.** Installation av grundvattenrör och pegelrör i våtmarker och sjön Tjärnpussen. SKB P-09-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.

### Platsbeskrivning för nya gölar

Bilagan innehåller en platsbeskrivning av de områden där nya gölar planeras. Lägena redovisas på karta i figur 6.1 i rapporten.

#### B1.1 Plats nr 1



*Figur B1-1. Fotografier av plats nr 1.*

##### B1.1.1 Beskrivning

Området utgörs av nordlig utlöpare av ett stort öppet kärrområde i söder. Kärret är fortfarande relativt öppet men är igenväxande med al, björk och bladvass. Området är inte klassat som särskilt värdefullt ur naturvårdssynpunkt.

##### B1.1.2 Motiv och kommentarer

Kärret uppfyller väl de kriterier för val av lokalisering som beskrivs i avsnitt 6.3.1. Kärret står i hydraulisk förbindelse med ett stort kärrområde mottar vatten från flera tiotals hektar skogsmark. Detta innebär att grundvattenytan i området är högt och stabilt vilket också den långsamma igenväxningen visar. Jorddjupet av lös organiskt material varierar mellan 0,5 och 0,8 m varför man lätt kan skapa gölar med fastbotten och lagom djup. Med åtgärder för gölgröda kommer området kunna hållas öppet och nya vattenområden tillföra området nya natur- och gestaltningskvalitéer.

Området avröjs innan schaktarbeten påbörjas. Utgrävning görs med angreppsriktning från fastmarken i norr. Platsen tillåter att flera små cirkelformade gölar (var och en med en yta på cirka 200 m<sup>2</sup>) anläggs. Dessa gölar kan då anläggas med kommunicerande sidor så att ett vattenområde om minst 600 m<sup>2</sup> erhålls.

#### B1.2 Plats nr 2



*Figur B1-2. Fotografier av plats nr 2.*

### B1.2.1 Beskrivning

Området utgörs av ett smalt kärparti som avvattnar skogs- och kärmarkerna i sydväst mot Tjärnpussen. Strax nedströms kärret ligger det kärrområde där översilningsanläggning av SKB:s lakvatten från bergmasseupplag och FKA:s slutdamm för spillvattenhantering är planerad.

Platsen där en ny göl föreslås ligger strax uppströms motionsstigen och gränsar i norr mot området för husvagnsuppställning.

### B1.2.2 Motiv och kommentarer

Platsen ligger inom område där vattenverksamheter är planerade och där naturen redan är omformad och påverkad. Detta gör att anläggningsarbeten och skötsel underlättas samt att störningar på orörd mark är liten. Området är ej klassat som särskilt värdefullt ur naturvårdssynpunkt. De nya grodmiljöer som skapas kommer berika de gestaltningsvärden och pedagogiska värden som anläggningarna för lak- och spillvattenhantering kommer utgöra.

Då kärret är delvis igenvuxet måste anläggandet inledas med avröjning av träd och buskar. Schaktarbeten utförs med angreppsriktning från utfyllnadsområdet för motions slingan och husvagnscampingen. Tillrinnande ytvatten från uppströms liggande kärmarken leds förbi den göl som skapas via ett dike som grävs genom kärrets östra sida. För att undvika att utgående vatten från planerad lak- och spillvattenbehandling når den nya grodgölen och kärrområdena uppströms läggs en tröskel vid motions slingan. Lämplig storlek på den göl som anläggs är 250–350 m<sup>2</sup>.

## B1.3 Plats nr 3



*Figur B1-3. Fotografier av plats nr 3.*

### B1.3.1 Beskrivning

Platsen ligger en bit uppströms i det långsträckt och med bladvass kraftigt igenvuxna kärrområde som sträcker sig söderut från de gölar som kommer att påverkas av utfyllnad. Kärret kan sägas vara uppdelat i tre bassänger och platsen där ny göl föreslås utgör ”utloppet” av den mellersta bassängen. Denna plats ligger någon meter över havets nivå och uppströms utloppet från det dike som avbördar ett kär i väster. I väster gränsar området mot bebyggd och delvis utfylld mark. I öster gränsar kärret mot en värdefull naturskog.

### B1.3.2 Motiv och kommentarer

Kärret uppfyller de kriterier för val av lokalisering som beskrivs i kapitel 5 i rapporten. Kärret står i hydraulisk förbindelse med det stora kärrområdet och kommer därför få samvarierande vattennivåer och en vattenkvalitet av liknande karaktär.

Det nya vattenområdet som skapas utgrävs mot moränmarken i väster strax uppström utloppet från kärrområdena. Härifrån kan grävmaskin lätt ta sig till platsen från motionsstigen och husvagnscampingen.

Platsen tillåter att en stor göl eller flera mindre gölar grävs ut. Närheten till driftområdet och intilliggande naturvärda naturmiljöer i området (gammelskog, rikkärr och havsstränder) gör att de nya gölarna gärna utformas med tanke på gestaltning och rekreation för SKB:s besökare och personal. Avsättningsmöjligheter av utgrävda jordmassor finns också i närområdet. Mycket jord kommer att behövas för täckning av begränsningsvall runt planerat bergupplag och för byggande av jordvallar för att isolera gölar som ska fyllas. Sammanlagt kan 800 m<sup>2</sup> göl skapas.

#### **B1.4 Plats nr 4**



*Figur B1-4. Fotografier av plats nr 4.*

##### **B1.4.1 Beskrivning**

Denna plats är en mindre kärrmark i skogen lite avskildes övriga platser där nya gölar föreslagits. Lokaler med gölgroda finns dock inte långt från platsen. Kärrret är kringvuxet med skog och har karaktär av intermediärt kärr.

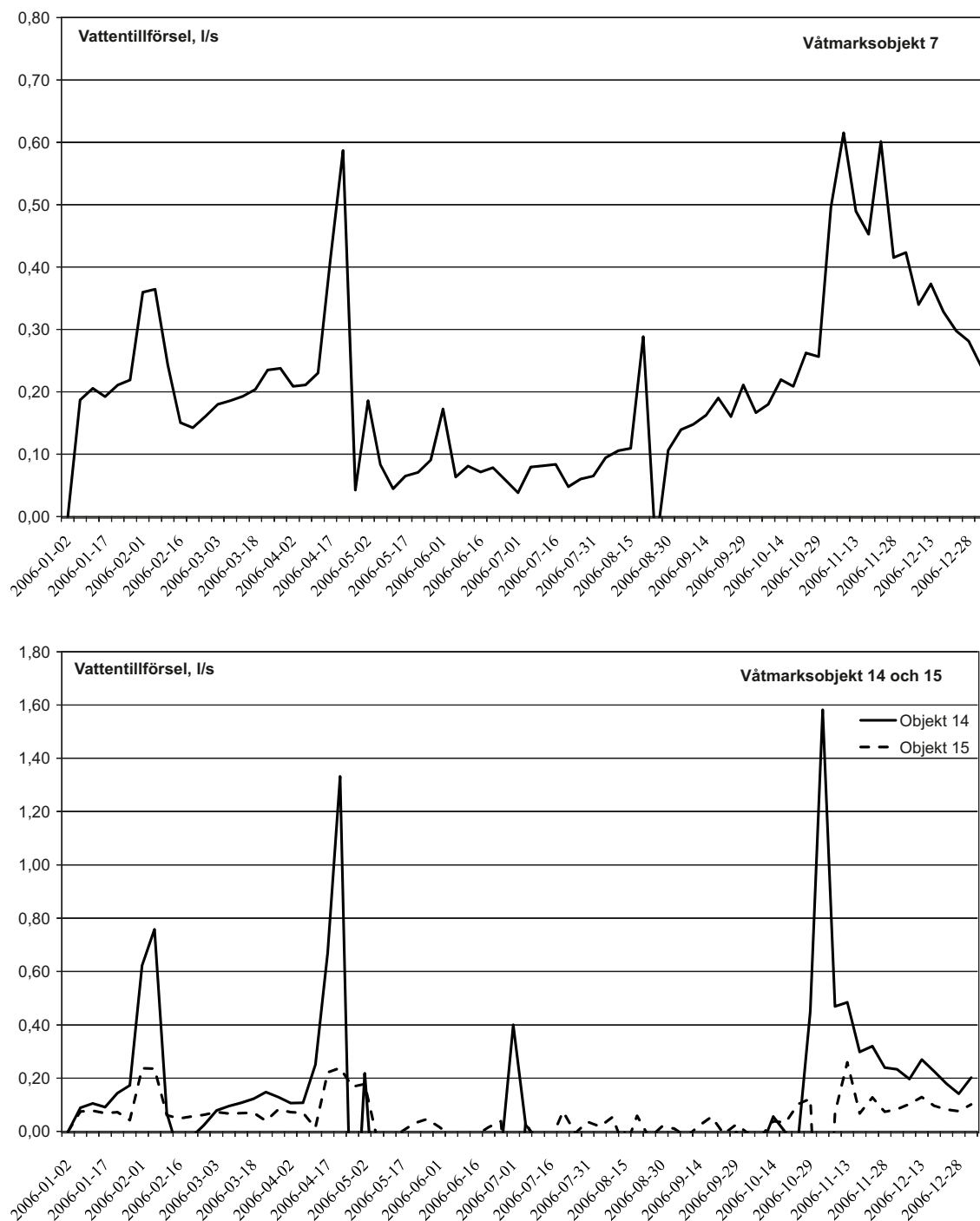
##### **B1.4.2 Motiv och kommentarer**

Kärrret uppfyller de kriterier för val av lokalisering som beskrivs i kapitel 5 i rapporten. Kärrret ligger utanför områden som bedöms påverkas av avsänkning. Avrinningsområdet runt kärrret är dock litet varför ganska stora variationer i vattennivå kan väntas.

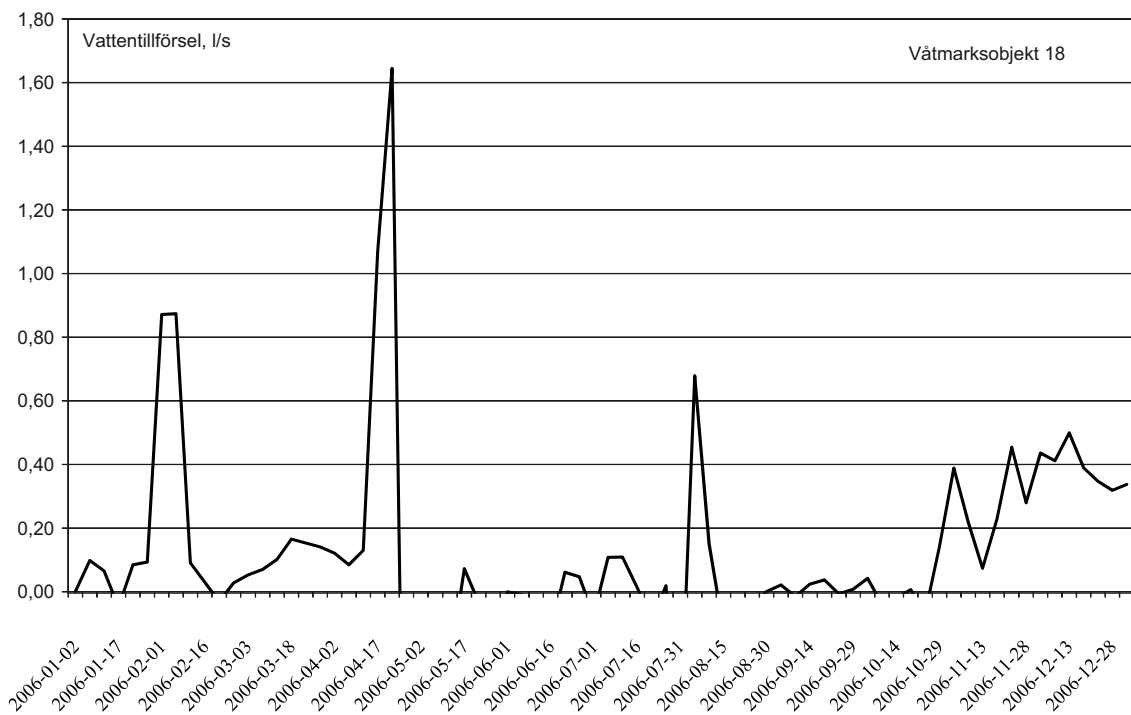
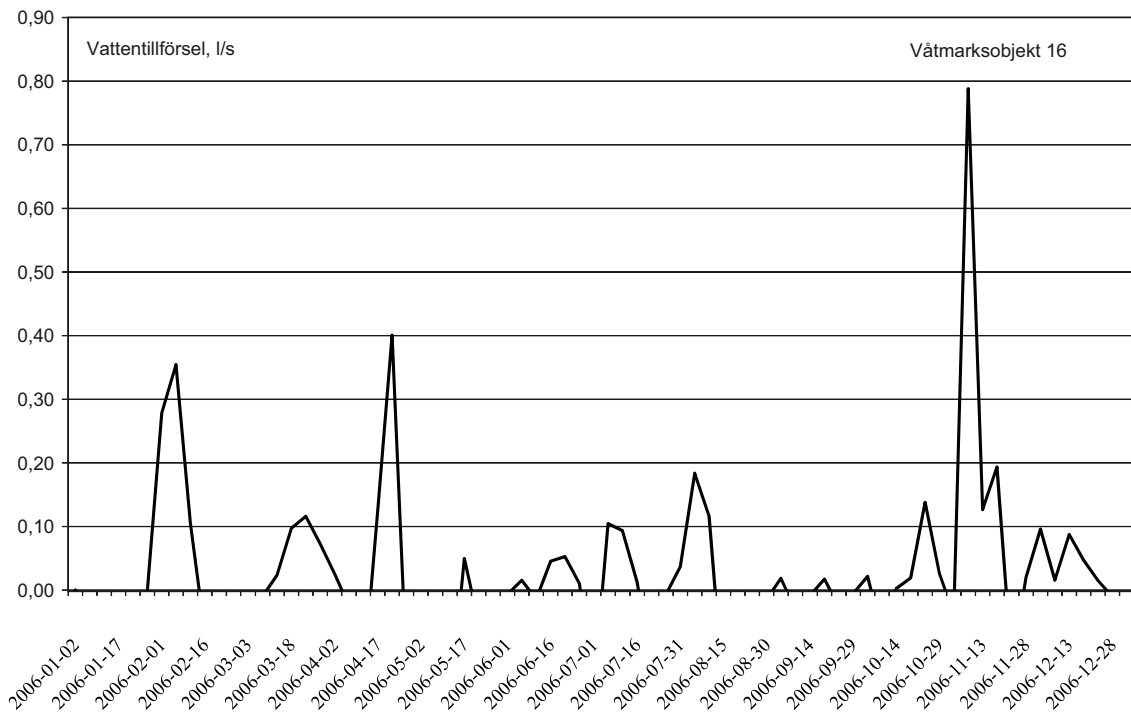
Avröjning av skog och sly bör föregå utgrävning. Gölen grävs relativt djup 1–1,2 m för att säkerställa vattentillgång i den göl som skapas. Bottnarna kommer då utbildas av enbart fastmark (lera och morän). Sammanlagt kan 250 m<sup>2</sup> göl skapas.



## MIKE SHE-beräknade tidsserier på våtmarkernas vattenbehov



**Figur B2-1.** Tidsserier på den vattentillförsel (l/s) som enligt MOUSE SHE-modellen krävs för att bibehålla grund- och ytvattennivån inom våtmarksobjekt 7 (övre bilden) samt 14 och 15 (nedre bilden). Resultaten avser tätningsfallet  $K_{inj} = 10^{-7}$  m/s och år 2006.



**Figur B2-2.** Tidsserier på den vattentillförsel (l/s) som enligt MOUSE SHE-modellen krävs för att bibehålla grund- och ytvattennivån inom våtmarksobjekt 16 (övre bilden) och 18 (nedre bilden). Resultaten avser tätningsfallet  $K_{inj} = 10^{-7}$  m/s och år 2006.

## Vattentillförsel till kalkgölar och rikkärr

### B3.1 Förutsättningar för vattentillförsel

#### B3.1.1 Vattenbehov och vattenkvalitet

Modellverktyget MIKE SHE /Mårtensson et al. 2010/ har använts för att bedöma de vattentillflöden som kan komma att behövas för att bibehålla opåverkade yt- och grundvattennivåer i anslutning till kalkgölar och rikkärr. De opåverkade (naturliga) förhållandena representeras av modellberäknade tidsserier på yt- och grundvattennivåer för år 2006. Man kan dock i princip utgå från vilken tidsserie som helst, till exempel en uppmätt tidsserie. Påverkade förhållanden (med grundvattenbortledning) avser det hypotetiska fallet med ett helt öppet förvar samt tätningsfallet  $K_{inj} = 10^{-7}$  m/s.

Tabell B3-1 sammanfattar modellberäknade vattenbehov under det studerade året 2006 för de fem våtmarksobjekten. I MIKE SHE-modellen tillfördes vatten samtidigt till samtliga studerade objekt, vilket kan medföra en viss interferens mellan närliggande objekt. Eftersom syftet här endast är att bedöma storleksordningen på erforderliga vattentillflöden, har eventuella interferenser underordnad betydelse i sammanhanget.

Som framgår av tabell B3-1 är vattenbehovet litet (i medel någon tiondels l/s eller mindre) för de flesta av våtmarkerna. Detta beror på att våtmarkerna är små och att avsänkningen av grundvattentytan är liten för de flesta av våtmarkerna. Årsmedelvärdet av det totala vattenbehovet för de fem våtmarkerna är knappt en liter per sekund. Även det maximala vattenbehovet varierar, från 0,3 l/s för våtmarksobjekt 15 till 1,6 l/s för våtmarksobjekten 14 och 18. Summan av de maximala vattenbehoven för samtliga våtmarksobjekt i tabellen är cirka 5 l/s. Detta utgör dock ett värsta fall, eftersom det maximala vattenbehovet under året inte infaller samtidigt för alla objekt. Sammantaget visar beräkningarna att de mängder vatten som kan behöva tillföras till de fem våtmarkerna är praktiskt hanterbara, även om tillförsel behövs samtidigt till flera av dessa våtmarker.

**Tabell B3-1. Beräknat vattenbehov för de fem våtmarkerna 7, 14–16 och 18. Beräkningarna avser ett helt öppet förvar och tätningsfallet  $K_{inj} = 10^{-7}$  m/s /Mårtensson et al. 2010/.**

Våtmarksobjekt (se figur 4-3 i rapporten)	Vattenbehov, år 2006 (l/s)	
	Medel	Max.
7	0,2	0,6
14	0,2	1,6
15	0,06	0,3
16	0,05	0,8
18	0,2	1,6
Summa	0,7	4,9

Tidsserierna som återges i bilaga 2 visar att vattenbehovet varierar under det studerade året 2006, vilket kan antas gälla generellt. Sådana variationer beror dels på att yt- och grundvattennivåerna varierar, dels på att skillnaderna mellan opåverkade och påverkade nivåer varierar under året. Enligt bilaga 2 är vattenbehovet litet under sommaren 2006 och större under vår och höst samma år. De varierande vattenbehoven innebär att vattentillförseln bör ske via ett styr- och regleringsystem, med nivåstyrd tillförsel till varje enskild våtmark.

Med avseende på vattnets kvalitet är det viktigt att det vatten som tillförs våtmarkerna inte innehåller några föroreningar och att det även i övrigt har en kemisk sammansättning som liknar den i våtmarkerna. Exempel på kemiska parametrar som kan ha betydelse i sammanhanget är vattnets kloridhalt, pH, alkalinitet och dess innehåll av näringsämnen (kväve och fosfor), kalcium, järn och mangan. I syfte att söka karaktärisera vattnet i våtmarkerna i kemiskt hänseende, har provtagningar samt fält- och laboratorieanalyser genomförts varannan månad sedan november 2008 i de fyra våtmarksobjekten 14, 16, 18 och 49. Syftet med den kemiska karaktäriseringen är att klargöra om det finns några speciella kemiska krav som bör ställas på det vatten som vid behov ska tillföras våtmarkerna. För att få en så bred bild som möjligt av våtmarkernas vattenkemiska karaktär, omfattar analyserna ett stort antal parametrar, inklusive de som nämns ovan.

Tabell B3-2 sammanfattar några resultat från de provtagningar som genomförts till och med slutet på år 2009. Resultaten omfattar sex provtagningstillfällen; november 2008, samt januari, mars, maj, augusti och oktober 2009. Undantaget är våtmarksobjekt 49 (provtagningsspunkten med id PFM007444) där resultaten omfattar provtagningar vid fyra tillfällen; november 2008, samt januari, augusti och oktober 2009.

**Tabell B3-2. Sammanställning av några resultat från provtagningar och analyser av ytvatten från våtmarksobjekten 14, 16, 18 och 49 /Qvarfordt et al. 2010/ i form av minima- och maximavärden (Sicada data delivery #Sicada\_09\_174, november 2009). Tecknet "<" betyder att analysvärdet är under detektionsgränsen. PFM0074XX är SKB:s id-nummer för provtagningsspunkterna.**

	Våtmarksobjekt 14 (PFM007441)	Våtmarksobjekt 16 (PFM007442)	Våtmarksobjekt 18 (PFM007443)	Våtmarksobjekt 49 (PFM007444)
pH, lab.	6,86–8,11	6,85–8,03	6,98–8,84	6,92–8,37
Elektrisk konduktivitet, EC (mS/m), lab.	25,8–68,7	25,4–54,7	20,2–44,3	26,5–50,5
Klorid, Cl (mg/l)	8,6–22,1	6,1–15,1	3,4–7,8	15,0–25,7
Järn, Fe (mg/l)	0,03–2,65	0,05–2,17	0,03–0,36	< 0,02–0,23
Mangan, Mn (mg/l)	< 0,003–0,196	0,006–0,293	0,004–0,045	< 0,003–0,14
Vätekarbonat, HCO <sub>3</sub> (mg/l)	126–381	139–318	112–259	122–259
Kalcium, Ca (mg/l)	40,5–124	48,1–103	38,5–82,7	34,8–81,5
Kväve, N (mg/l)	1,07–3,11	0,87–1,67	1,01–2,32	1,30–1,99
Fosfor, P (mg/l)	0,0076–0,014	0,0065–0,127	0,0078–0,0454	0,0059–0,016

En jämförelse mellan resultaten i tabell B3-2 och vattenkemiska data från sjöar och bäckar i Forsmarksområdet /Tröjbom et al. 2007/ visar att våtmarkernas vattenkemiska karaktär i stora drag liknar de hos sjöarna och bäckarna. Ytvatten i våtmarkerna kan därmed sägas vara typiska för övriga ytvatten i området. Det är dock vissa kemiska karaktärsdrag hos våtmarkerna som är viktiga att beakta vid tillförsel av vatten. Av dessa kan nämnas högt pH (7,5–8), låg kloridhalt (10–20 mg/l) och hög kalciumhalt (40–70 mg/l). Utifrån dessa analysresultat, kan man till exempel dra slutsatsen att kloridhalten i det tillförda vattnet bör vara lägre än 20 mg/l, vilket är en viktig faktor att beakta då man söker lämpliga ”vattenkällor” i ett kustnära område som Forsmark.

### B3.1.2 Vattentillgång och vattenkvalitet

För att försörja systemet med vatten behövs en vattenkälla, med tillräcklig tillgång och godtagbar vattenkvalitet. Nedan anges en översiktlig bedömning av lämpligheten med olika alternativa vattenkällor.

**Vatten från sjön Bruksdammen:** Sjön Bruksdammen vid Forsmarks by används som råvattenförsörjning till FKA:s vattenverk. Ett system för vattentillförsel till våtmarker skulle kunna försörjas via FKA:s intagsledning för råvatten. I dagsläget är FKA:s uttag (måndag till fredag, inget uttag under helger) normalt 13–14 l/s, och den maximala pumpkapaciteten med befintliga pumpar är 35 l/s (muntlig uppgift, Per Bons, FKA, 2008). Råvattnet behandlas genom filtrering och luftning innan det överförs via ledning till FKA:s vattenverk. I vattenverket sker flockning, flotation och snabbfiltrering. För produktion av processvatten sker rening i en totalavsaltningssystem. Dricksvatten genomgår även kolfiltrering, pH-justering, UV-rening och klorering.

Vattentillgången och även råvattenkvaliteten (se sammanställning i tabell B3-3) är goda, och det aktuella vattenbehovet ryms inom FKA:s befintliga vattendom och sannolikt även inom tillgänglig pump- och ledningskapacitet. Avståndet från vattenverket är dock långt för flertalet av de våtmarker som kan bli aktuella. Sammantaget bedöms ändå råvatten från sjön Bruksdammen vara lämplig som primär vattenkälla för vattentillförsel till våtmarker. För att minska risken för driftproblem i form av igensättningar bör om möjligt vatten användas som i vattenverket genomgått flockning, flotation och snabbfiltrering (men inte klorering), eftersom den kemiska syreförbrukningen (COD) i råvattnet är relativt hög.

**Tabell B3-3. Sammanställning av några resultat från provtagningar och analyser av vatten från sjön Bruksdammen.**

	Bruksdammen (PFM005864) (2009-10-07)	Data erhållna från FKA		
		Bruksdammen (2008-04-22)	Bruksdammen (2008-11-04)	Ingående råvatten vid FKA:s vattenverk (2007-10-09)
pH, lab.	7,55	7,5	7,8	7,6
Elektrisk konduktivitet, EC (mS/m), lab.	16,69	18,2	19,7	18,0
Klorid, Cl (mg/l)	4,2	6,2	7,0	7,1
Kemisk syreförbrukning, COD-Mn (mg/l)		21	32	18
Fe (mg/l)	0,345	0,28	0,28	0,10
Mangan, Mn (mg/l)	0,0351	Inte analyserat	Inte analyserat	Inte analyserat
Vätekarbonat, HCO <sub>3</sub> (mg/l)	82,6	Inte analyserat	84	Inte analyserat
Kalcium, Ca	29,7	31	37	29

**Grundvatten från befintliga eller nya borrhål:** I Forsmarksområdet kan det generellt anses finnas goda möjligheter att erhålla grundvatten i tillräcklig mängd från borrhål i berg. Om grundvatten från borrhål används som vattenkälla behöver troligen luftning ske för att avskilja järn och mangan. Baserat på tidigare undersökningar av möjligheterna att använda grundvatten från borrhål i berg för FKA:s vattenförsörjning, är dock bedömningen att det finns en risk för saltvattenpåverkan vid stora och/eller långvariga grundvattenuttag. En jämförelse med vattenkemiska data från SKB:s borrhål i jord och berg /Tröjbom et al. 2007/ visar att grundvattnets salthalt i regel är högre än salthalten i de provtagna våtmarkerna redan på relativt måttliga djup. Undantagen utgörs av ett grundvattentrör i jord (SFM0049), hammarborrhålet HFM03 och de övre delarna av hammarborrhålen HFM04, -13, -15, -19, vilka uppvisar en förhållandevis låg salthalt jämfört med övriga rör och borrhål i området. Med tanke på den generellt höga salthalten bedöms grundvatten från borrhål inte vara lämpligast som primär vattenkälla för vattentillförseln. Bortledande av grundvatten är en tillståndspliktig vattenverksamhet.

**Ytvatten från en lokal sjö:** Uttag av sjövattnet är ett alternativ som skulle kunna ge en stabil vattenförsörjning. Bolundsfjärden, vilken är den största sjön i området, bör ge goda möjligheter att erhålla tillräckligt med vatten. Sjön är också centralt belägen i förhållande till de våtmarker till vilka vattentillförsel kan bli aktuellt. En jämförelse med vattenkemiska data från Bolundsfjärden /Tröjbom et al. 2007/ visar dock att salthalten i sjön i regel är högre än salthalten i de provtagna våtmarkerna. Sjön kan periodvis innehålla bräckt vatten på grund av saltvatteninträngning från havet vid hög havsnivå. Bolundsfjärden bedöms därför inte vara lämpligast som primär vattenkälla. Bortledande av ytvatten från en sjö är en anmälningspliktig vattenverksamhet, om bortledningen är högst 1 000 m<sup>3</sup>/dygn (dock högst 200 000 m<sup>3</sup>/år).

**Ytvatten från en lokal bäck:** Kemiska analyser av bäckvattnet /Tröjbom et al. 2007/ visar att salthalten i bäckarna med vissa undantag är något högre än salthalten i de provtagna våtmarkerna. En tillräckligt låg salthalt har dock uppmätts dels i bäcken mellan sjöarna Gunnarsboträsket och Labboträsket, och dels i bäcken mellan sjöarna Eckarfjärden och Bolundsfjärden, uppströms biflödet från sjön Gällsboträsket. Enligt fleråriga vattenföringsmätningar /Johansson 2008/ är medelvattenföringen i dessa bäckar i storleksordningen 10–30 l/s. Enligt mätserierna förekommer det dock relativt långa perioder med låg eller ingen vattenföring, framför allt under sensommar och tidig höst. Detta innebär att bäckarna skulle behöva kompletteras med någon annan vattenkälla under dessa delar på året. Av denna anledning bedöms ytvatten från någon av dessa bäckar inte vara lämpligast som primär vattenkälla. Bortledande av ytvatten från ett vattendrag är en anmälningspliktig vattenverksamhet, om bortledningen är högst 600 m<sup>3</sup>/dygn (dock högst 100 000 m<sup>3</sup>/år).

**Vatten från slutförvarsanläggningens undermarksdelar:** Rent principiellt kan det vatten som pumpas upp från slutförvarsanläggningen nyttjas som vattenkälla. Detta vatten kommer dock att utgöra en blandning mellan grundvatten som läcker in till förvaret och bruksvatten från borrhåls- och sprängningsarbeten. Vattnet kommer därför att innehålla bland annat nitrat- och ammoniumkväve från sprängmedelsanvändning /Ridderstolpe och Stråe 2010/. Kvävehalten i bergdränaget från

rampen kan förväntas avta efter uppförandeskedet. Det skulle även vara möjligt att ta vatten från ett ”vattenförsörjningshål” som borrar från rampen in i berget. Dock kan salthalten i grundvattnet vara hög på grund av närheten till havet och kylvattenkanalen. Ett sådant borrhål bedöms vara möjligt att använda som primär vattenkälla, om vattnet inte visar sig vara för salt. Bortledning av grundvatten är en tillståndspliktig vattenverksamhet.

Sammantaget bedöms det finnas goda möjligheter att med en eller en kombination av vattenkällor försörja våtmarker i Forsmarksområdet med vatten av rätt mängd och kvalitet. Att använda vatten från sjön Bruksdammen förefaller vara det mest lämpliga alternativet, med hänsyn till dess jämna och tillförlitliga vattentillgång och vattenkvalitet. Vatten från ett vattenförsörjningshål som borrar in i berget från slutförvarsanläggningens ramp kan också vara ett alternativ. Vilken vattenkälla som bedöms vara lämpligast behöver dock utredas närmare innan slutligt val kan göras.

## **B3.2 Teknisk beskrivning av ett system för vattentillförsel**

### **B3.2.1 Överföring och tillförsel av vatten**

Det krävs en huvudledning för att överföra vatten från en eller flera vattenkällor till våtmarkerna. Från en huvudledning kan vattnet ledas via förgreningar (T-kopplingar) i distributionsledningar ut till de olika våtmarkerna. Dessa ledningar kan förläggas på markytan eller grävas ner. De begränsade vattenflöden som bedöms bli aktuella (se tabell B3-1) innebär att huvud- och distributionsledningarnas diameter inte behöver överstiga 110 mm; detta underlättar utläggningen, eftersom ledningarna kan läggas ut från rulle.

Ledningarna bör vara eluppvärmda om de ska kunna användas även vintertid. Uppvärmningen bedöms få dålig effekt om avståndet från elförsörjningen överstiger några hundratal meter, vilket innebär att flera elförsörjningspunkter behövs om långa ledningssträckor ska vara eluppvärmda. För ledningsdiametrar på upp till 63 mm finns det prefabricerade eluppvärmda ledningar tillgängliga på marknaden. Vinterdrift bedöms dock preliminärt inte vara nödvändigt ur ekologisk synpunkt, vilket däremot skulle innebära att ledningarna behöver kunna tömmas på vatten inför vintern.

Enligt fleråriga temperaturmätningar i Forsmarksområdet /Johansson 2008/ är luftmedeltemperaturen i regel under 0 °C under perioden november/december till mars, och i regel över 5 °C under perioden april/maj till oktober. Enligt snödjupsmätningar finns det i regel snö i Forsmarksområdet från slutet av november/början av december fram till slutet av mars/början av april /Löfgren 2008/; i genomsnitt finns det snö i drygt 100 dagar per vinter i skogsmark och i ungefär 80 dagar i områden med öppen mark. Om tillförselanläggningen utformas utan möjlighet för vinterdrift, bör man alltså kunna tillföra vatten under perioden april till november, det vill säga i genomsnitt under en period på åtta månader.

För att möjliggöra individuellt nivåstyrd vattentillförsel till de olika våtmarkerna, krävs ett separat styr- och reglersystem för respektive våtmark. Huvudvattenledningen kommer att förses med en ventil som kan användas för att öppna och stänga av vattnet till hela tillförselsystemet. Som en preliminär teknisk lösning, kan man förse de respektive distributionsledningarna till varje våtmark med en nivåstyrd strypventil som individuellt reglerar vattentillförseln till varje våtmark. För att skydda styr- och reglerutrustningen mot väder och vind, kan utrustningen vid respektive våtmark byggas in i en liten bod.

För att ytterligare klargöra detaljerna i de tekniska lösningarna behövs en detaljerad projektering. Denna projektering kommer att inkludera ledningsdimensioner och -typer, ledningsförläggning, samt uppgifter om vattentryck vid vattenverket (pumparnas uppföringshöjd) och beräkning av tryckförlusterna fram till tillförselpunkterna i de olika våtmarkerna. Utifrån denna projektering avgörs även eventuella behov av pumpar för tryckstegring i huvud- eller distributionsledningarna. Oavsett utformningen på de tekniska lösningarna, behöver dock vissa ingrepp göras i naturen i form av ledningsdragningar och övriga installationer. Detta gör att även den estetiska utformningen är viktig.

Det finns olika metoder som kan användas för att tillföra vattnet till våtmarkerna. Tillförseln skulle i princip kunna uppdelas på våtmarkernas göl- respektive rikkärrsdel, där tillförseln till ytvattnet (göldelen) kan ske direkt med slang. För att så långt som möjligt återskapa ett ”naturligt” yt- och grundvatten, med motsvarande vattenkemiska karaktär som det vatten som finns i våtmarkerna, bör dock vattnet tillåtas passera genom marken innan det når våtmarken. Exempelvis kan då vattnet

tillföras via infiltrationsbrunnar, eller via en brunn som är kopplad till hålförsedda spridningsledningar (typ dräneringsrör) som läggs ner i anlagda så kallade perkolationsmagasin ("stenkistor"). De senare kan liknas med ledningsgravar fyllda med singel eller makadam, och som ofta anläggs för omhändertagande av dagvatten /Vägverket 1990/. Det principförslag som beskrivs nedan avser tillförsel via perkolationsmagasin, även om som sagt även andra tekniska lösningar är möjliga.

Spridningsledningarna i ett perkolationsmagasin kan lämpligen ha en diameter på 40–50 mm. För att förhindra att luft dras ner i magasinet bör vattentillförseln till brunnen (se principskiss i avsnitt 6.4.3 i rapporten) ske via ett rör som mynnar under vattenytan i perkolationsmagasinet /Andersson et al. 1984/. Vid en projektering av ett perkolationsmagasin behöver man beakta faktorer som markfrost, kringfyllnad samt möjligheter till spolning och tömning av ledningar. Med avseende på markfrost, visar fleråriga frostdjupmätningar i Forsmarksområdet att det i medel finns markfrost i ungefär 40 dagar per vinter i skogsmark och i 80 dagar i områden med öppen mark. Det maximalt uppmätta frostdjupet är mindre än 0,1 m i skogsmark och ungefär 0,5 m i områden med öppen mark /Löfgren 2008/.

För att åstadkomma ett grundvattenflöde från perkolationsmagasinet mot våtmarken, krävs att grundvattenytan vid perkolationsmagasinet är högre än grundvattenytan vid våtmarken. Ett perkolationsmagasin vid en våtmark förläggs lämpligen i en sluttning ner mot våtmarken, på ett avstånd av 10–15 m från denna. Som diskuteras närmare nedan, har den övre metern av moränen i Forsmarksområdet generellt en högre vattengenomsläpplighet jämfört med moränens djupare delar /Johansson 2008/. Detta innebär att det tillförda vattnet sannolikt kommer att flöda mot rikkärret och gölen inom den övre delen av moränen. Det höga kalkinnehållet i moränen i Forsmarksområdet /Hedenström och Sohlenius 2008/ innebär att kalktillförsel (kalkbädd) sannolikt inte kommer att behövas. Det är viktigt att få rätt lutning på spridningsrören, så att inte vatten tillförs marken enbart i enstaka punkter, till exempel i någon av spridningsrörens ändrar. Vattentillförselns hydrogeologiska effekter diskuteras närmare i avsnitt 6.4.4 i rapporten och i bilaga 4.

### B3.2.2 Geologiska och hydrologiska förhållanden vid våtmarker

Detta avsnitt ger en översiktlig beskrivning av de kvartärgeologiska och hydrogeologiska förhållandena vid de fem våtmarkerna. Syftet med beskrivningen är att belysa de objektspecifika förutsättningarna för vattentillförseln och hur tillförseln kan ske. Vidare beskrivs några indata som kan användas för att bedöma de hydrologiska och hydrogeologiska effekterna av vattentillförseln.

Tabell B3-4 sammanfattar den generella jordlagerföljden i Forsmarksområdet /Hedenström och Sohlenius 2008/ samt genomsnittliga värden på genomsnittlig horisontell hydraulisk konduktivitet ( $K_h$ ) för motsvarande jordarter /Johansson 2008/. Tabellen visar att den dominerande delen av grundvattenflödet sker nära markytan, givet att grundvattenytan är nära markytan.

**Tabell B3-4. Generell jordlagerföljd i Forsmarksområdet /Hedenström och Sohlenius 2008/ samt hydraulisk konduktivitet  $K_h$  /Johansson 2008/.**

Kvartär avlagring	Relativ ålder	$K_h$ (m/s)
Torv	Yngst	< 0,6 m: $1 \cdot 10^{-6}$ > 0,6 m: $3 \cdot 10^{-7}$
Postglacial lera (gyttja, gyttjelera, leryttja)	↑	$3 \cdot 10^{-7}$
Postglacial sand/grus	↑	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Glaciallera	↑	< 0,6 m: $1,0 \cdot 10^{-6}$ > 0,6 m: $1,5 \cdot 10^{-8}$
Morän	Äldst	Fin- och grovmorän: < 0,60: $1,5 \cdot 10^{-5}$ > 0,6 m: Finmorän: $1 \cdot 10^{-7}$ Grovmorän: $1,5 \cdot 10^{-6}$
Övergång jord–berg		$1,5 \cdot 10^{-5}$

Nedanstående objektspecifika beskrivning baseras på den detaljerade jordartskartan över Forsmarksområdet /Hedenström och Sohlenius 2008/ samt en geometrisk modell över jorddjup och jordlagerföljder i området /Hedenström et al. 2008/. Efter det att jordartskartan och den geometriska modellen tagits fram, har kompletterande sticksonderingar genomförts i ett stort antal våtmarksobjekt i området /Sohlenius och Hedenström 2009/. Syftet med dessa sticksonderingar är att ta fram mer detaljerad information om jordlagerföljderna vid bland annat de nu aktuella våtmarkerna, och att utröna om den konceptuella jordlagermodellen över Forsmarksområdet är tillämpbar även för dessa våtmarker. I /Sohlenius och Hedenström 2009/ sammanfattas även information från de jordlagerundersökningar som genomfördes under åren 2002–2007, inom ramen för platsundersökningarna, till exempel /Hedenström 2003, 2004, Lokrantz och Hedenström 2006/. Slutligen har detaljerad information om jordlagerföljder erhållits i samband med borrhningar som genomförts vid installation av grundvattenrör och pegelrör i bland annat de nu aktuella våtmarkerna /Werner et al. 2009/.

**Våtmarksobjekt 7:** I våtmarken överlagras moränen av lergyttja. Under gölen i våtmarkens centrala delar överlagras lergyttjan i sin tur av kärrtorv. Det finns inga postglaciala sediment (lergyttja eller kärrtorv) ovan moränen i områdena kring våtmarken. Enligt jorddjupsmodellen är det totala jorddjupet i och kring våtmarken i storleksordningen 3–4 m. Väster och öster om våtmarken finns det områden med jorddjup på 6–8 m. Baserat på sonderingar och borrhningar, bedöms de postglaciala sedimenten ha en mäktighet på upp till en halv meter. Vid läget för våtmarken bör därför moränen ha en mäktighet på minst 2–3 m. Vid borrhningar har moränen bedömts vara stenig-grusig, vilket skulle innebära att moränen vid läget för våtmarken har en relativt hög hydraulisk konduktivitet.

**Våtmarksobjekt 14:** I våtmarken överlagras moränen av ett tunt (0,2–0,3 m) lager lergyttja. Det finns ingen lergyttja ovan moränen i områdena kring våtmarken. Enligt jorddjupsmodellen är det totala jorddjupet i och kring våtmarken i storleksordningen 3–4 m, med större jorddjup (5–6 respektive 7–10 m) i den östra och norra delen av våtmarken. Vid läget för våtmarken bör därför moränen ha en mäktighet på minst 2–3 m, med större moränmäktighet i områden öster och norr om våtmarken.

**Våtmarksobjekt 15:** I våtmarken överlagras moränen av ett tunt (0,2–0,3 m) lager kärrtorv i vissa delar av våtmarken, och av ett tunt lager lergyttja i andra delar. Det finns inga postglaciala sediment (lergyttja eller kärrtorv) i områdena kring våtmarken. Enligt jorddjupsmodellen är det totala jorddjupet i och kring våtmarken i storleksordningen 3–4 m, med större jorddjup (5–6 respektive 7–10 m) i den norra och östra delen av våtmarken. Vid läget för våtmarken bör därför moränen ha en mäktighet på minst 2–3 m, med större moränmäktighet i områden öster och norr om våtmarken, med större moränmäktighet i områden norr och öster om våtmarken.

**Våtmarksobjekt 16:** I våtmarken överlagras moränen av ett lager lergyttja, med en mäktighet på upp till en halvmeter. I de centrala delarna av våtmarken förekommer ett tunt lager med postglacial sand under lergyttjan, vilket i sin tur överlagras av ett upp till en halvmeter mäktigt lager med glaciallera. Områdena kring våtmarken saknar huvudsakligen postglaciala sediment och glaciallera. Undantaget är ett område söder om våtmarken, där det ovan moränen finns glaciallera som överlagras av ett tunt ytlager med postglacial sand. Enligt jorddjupsmodellen är det totala jorddjupet i och kring våtmarken i storleksordningen 3–4 m, med ett något större jorddjup (5–6 m) i den sydöstra delen av våtmarken. Vid läget för våtmarken bör därför moränen ha en mäktighet på minst 1–2 m, med större moränmäktighet i områden sydöst om våtmarken.

**Våtmarksobjekt 18:** Under och närmast kring gölen i våtmarkens centrala delar överlagras moränen av ett lager lergyttja. Detta lager har en mäktighet på ungefär en halv meter. I de centrala delarna av våtmarken finns det även områden där lergyttjan underlagras av ett relativt tunt lager med postglacial sand-grus, som i sin tur underlagras av ett lager med glaciallera, med en mäktighet på ungefär en halv meter. Det finns även områden med ett sandlager mellan moränen och glaciallera. Söder om gölen finns det ett mindre område med glaciallera, som överlagras av ett tunt ytlager postglacial sand. Det finns inga postglaciala sediment (lergyttja) eller glaciallera i områdena kring våtmarken. Enligt jorddjupsmodellen är det totala jorddjupet i och kring våtmarken i storleksordningen 3–4 m, med mindre jorddjup söder om våtmarken. Vid läget för våtmarken kan således moränen ha en relativt liten mäktighet (ställvis kring en meter). Den förhållandevis komplexa jordlagerföljden i och kring våtmarken bör beaktas då vattentillförseln utformas, till exempel med avseende på förekomsten av ett sannolikt tätt lager med glaciallera.



### B3.3 Vattentillförselns hydrogeologiska effekter

En förutsättning för att vattentillförseln ska ge de önskade ekologiska effekterna, är att tillförselanläggningen och vattentillflödet dimensioneras för att uppnå avsedda effekter på grundvattenytans nivå vid och nedströms tillförselanläggningen. I detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av tillförselns effekter på grundvattenytans nivå. Beskrivningen avser kvartärgeologiska och hydrogeologiska förhållanden som är typiska för våtmarker i Forsmarksområdet. Vidare beskrivs och diskuteras betydelsen av tillförselanläggningens utformning, dimensioner och den mängd vatten som tillförs.

I bilaga 2 redovisas resultat från modellering med modellverktyget MIKE SHE, avseende den vattentillförsel som kan behövas för att bibehålla grundvattenytans nivå vid de fem aktuella våtmarkerna då grundvatten leds bort från slutförvarsanläggningen. För att kunna bedöma effekterna på grundvattenytans nivå då vatten tillförs i direkt anslutning till en våtmark, har som beskrivs nedan MIKE SHE-modelleringen kompletterats med bedömningar som baseras på andra, förhållandevis enkla modeller. En orsak till detta är att beräkningscellerna i MIKE SHE-modellen har en storlek på 40 gånger 40 meter i horisontalplanet. Detta motsvarar ungefär skalan på det aktuella problemet; det tänkta avståndet från vattentillförselanläggning och våtmark, samt den totala storleken på några av de aktuella våtmarkerna. Vidare sker vattentillförseln i MIKE SHE-modellen genom att tillföra vattnet jämnt fördelat över respektive våtmarks yta. I verkligheten kommer vattnet tillföras i enskilda punkter (infiltrationsbrunnar), linjer (perkulationsmagasin) eller ytor, i anslutning till våtmarken.

Detaljer kring de beräkningsmodeller som nämns nedan och resultaten i sin helhet redovisas i bilaga 4. Baserat på dessa resultat diskuteras några av de huvudsakliga aspekter som behöver beaktas vid utformning och dimensionering av en anläggning för vattentillförsel till våtmarker. Modellberäkningarna och de definierade beräkningsfallen syftar enbart till att illustrera huvudsakliga skillnader i tillförselns effekter på grundvattenytans nivå, beroende på hur vattnet tillförs. Mer detaljerad projektering av tillförselanläggningarna kommer sannolikt att kräva vissa kompletterande fältundersökningar, till exempel sondering eller borring vid möjliga lägen för perkulationsmagasin eller infiltrationsbrunnar. Vidare planerar SKB att genomföra en tidsmässigt avgränsad pilotstudie vid en våtmark i Forsmarksområdet, i syfte att utvärdera och dra lärdomar kring hur en vattentillförselanläggning tekniskt fungerar i praktiken. Planen är att genomföra en sådan pilotstudie i god tid innan grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen påbörjas. En preliminär beskrivning av genomförande och tidplan för vattentillförseln (inklusive en pilotstudie) ges i avsnitt 6.3.5 i rapporten.

I den första delen av bilaga 4 redovisas beräkningsresultat som avser höjningen av grundvattenytan under ett perkulationsmagasin respektive i en infiltrationsbrunn. Vid beräkningen av den så kallade ytbelastningen från ett perkulationsmagasin antas vattentillförseln ske över en total horisontell yta på 50 m<sup>2</sup>. Detta motsvarar exempelvis ett perkulationsmagasin med en total längd på 50 m och en bredd på 1 m. Vidare har den hypotetiska infiltrationsbrunn som studeras i bilaga 4 en brunnsradie på 0,1 m. Den antagna mäktigheten och hydrauliska konduktiviteten för moränen i de beaktade beräkningsfallen baseras på de uppgifter som sammanfattas i avsnitt B3.2.2 i denna bilaga. Vad gäller berget har dess hydrauliska konduktivitet schablonmässigt antagits vara i intervallet 1–5·10<sup>-7</sup> m/s.

Enligt beräkningarna ger en vattentillförsel på 0,05–0,2 l/s till ett perkulationsmagasin med de angivna måtten en höjning av grundvattenytan under perkulationsmagasinet på mellan 0,3–3,0 m. Resultaten visar att förutom vattentillförselns storlek, beror höjningen även på den vertikala hydrauliska konduktiviteten i morän och berg; en lägre hydraulisk konduktivitet ger en större höjning. Motsvarande höjning av vattenytan i en infiltrationsbrunn är 1,70–6,80 m, givet en (fullständig) brunn med brunnsfiltret installerat i morän med en mäktighet på 2,5 m och en hydraulisk konduktivitet på 1,5·10<sup>-5</sup> m/s.

Givet de studerade dimensionerna och hydrogeologiska egenskaperna bör det alltså vara möjligt att med en förhållandevis begränsad vattentillförsel bibehålla en förhöjd grundvattenyta i anslutning till en tillförselanläggning, oavsett om denna utformas som ett perkulationsmagasin eller en (eller flera) infiltrationsbrunnar. Som nämnts tidigare visar även resultaten från MIKE SHE-modelleringen på ett förhållandevis litet vattenbehov, även om vattentillförseln i det fallet antas ske över en avsevärt större yta.

De lokala topografiska förhållandena, grundvattenytans ursprungliga nivå (påverkade förhållanden, men utan vattentillförsel) samt moränens hydrauliska konduktivitet bedöms vara styrande för det faktiska vattenbehovet. Dessa faktorer sätter dock även praktiska gränser för hur mycket vatten som i realiteten kan tillföras. En för stor vattentillförsel skulle kunna leda till att grundvattenytan vid tillförselanläggningen stiger över markytan. Detta skulle kunna innebära att en del av tillförseln till våtmarken sker i form av översilning, vilket om det görs under längre perioder kan leda till försurning och översvämningsskador.

Som nämnts tidigare, är det huvudsakliga hydrogeologiska syftet med vattentillförseln att höja och bibehålla grundvattenytans nivå inom ett större område nedströms tillförselanläggningen. I den andra delen av bilaga 4 redovisas beräkningsresultat som avser höjningen av grundvattenytan i tillförselanläggningens omgivning. Beräkningarna är gjorda med en semi-analytisk modell, som baseras på så kallade analytiska element. Med beräkningsmodellen kan man bland annat studera inverkan av tillförselns storlek samt tillförselanläggningens utformning, inklusive vattentillförsel i en eller flera punkter (infiltrationsbrunnar) och perkolationsmagasin med valfri utsträckning.

Som utgångspunkt för beräkningarna har en enkel flödesdomän definierats, bestående av 2,5 m morän som överlagrar 10 m berg. Den hydrauliska konduktiviteten för moränen respektive berget antas vara  $1,5 \cdot 10^{-5}$  m/s respektive  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s. I syfte att efterlikna naturliga grundvattenförhållanden på lite större skala, har en regional syd-nordlig hydraulisk gradient på cirka 1/100 ansatts i modellen. Två fall har studerats; tillförsel i ett perkolationsmagasin med en total längd på 50 m respektive tillförsel i en infiltrationsbrunn med en brunnsradie på 0,1 m.

Med antagna geometrier och egenskaper för moränen och berget ger den semi-analytiska beräkningsmodellen en höjning av grundvattenytan under perkolationsmagasinet respektive i infiltrationsbrunnen, som är i stort sett identisk med de resultat som erhålls med den ovannämnda analytiska beräkningsmodellen. I bilaga 4 illustreras skillnader vad gäller effekterna på grundvattenytans nivå då vattentillförseln sker i ett perkolationsmagasin respektive i en infiltrationsbrunn. Tabellerna i bilagan redovisar den beräknade höjningen av grundvattenytan, dels under ett perkolationsmagasin respektive i en infiltrationsbrunn, dels i en ”kontrollpunkt” belägen 25 m nedströms (norrut) från perkolationsmagasinet respektive infiltrationsbrunnen.

Bilaga 4 visar att tillförselanläggningens utformning påverkar formen på vattentillförselns ”influensområde”, speciellt nära tillförselanläggningen. I fallet med ett perkolationsmagasin ger tillförseln ett större influensområde ”parallellt” med perkolationsmagasinet, jämfört med det cirkulära influensområdet kring en infiltrationsbrunn. Lite förenklat skulle man därför kunna säga att perkolationsmagasinet är ”effektivare i sidled” jämfört med en infiltrationsbrunn. På större avstånd från tillförselanläggningen minskar dock inverkan av på vilket sätt vattnet tillförs.

Sammanfattningsvis visar de genomförda modellberäkningarna att ur hydraulisk synpunkt bör det vara möjligt att tillföra vatten till våtmarker antingen via ett perkolationsmagasin eller via en eller flera infiltrationsbrunnar. För att erhålla en viss höjning av grundvattenytan vid en nedströms belägen våtmark, kan det dock krävas att man höjer vattenytan i en infiltrationsbrunn mer jämfört med den höjning som krävs av grundvattenytan under ett perkolationsmagasin. Detta beror helt enkelt på att vattnet i det senare fallet tillförs över en yta i stället för i en punkt.

### **B3.4 Förslag på genomförande och tidplan**

Detta avsnitt ger förslag på hur vattentillförseln vid behov kan genomföras. Specifikt anges förslag på de typer av kriterier som ska avgöra om och var åtgärden ska genomföras, samt hur och när genomförandet ska ske. Hur åtgärderna konkret ska genomföras för de enskilda våtmarksobjekten behöver dock utredas närmare.

Som nämnts tidigare, planerar SKB att som ett steg av förberedelserna för vattentillförsel genomföra en tidsmässigt avgränsad pilotstudie vid en våtmark i Forsmarksområdet innan grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen påbörjas. En sådan studie kommer att ge SKB ett viktigt underlag för att utvärdera och dra lärdomar kring hur en vattentillförselanläggning vid en våtmark tekniskt fungerar i praktiken. Preliminärt kommer studien att genomföras vid våtmarksobjekt 7 (se figur 4-3 i rapporten). Denna våtmark är redan i dagsläget försedd med pegel- och grundvattenrör med automatiskt registrerande nivåmätningstrustning. Vidare är våtmarken belägen inom det prognostiserade påverkansområdet för grundvattenytans avsänkning. Man bör kunna erhålla tillfällig vattenförsörjning för försöket från en inkopplingspunkt på FKA:s vattenledningsnät i bostadsområdet (Barackbyn). Inom pilotstudien utförs vattentillförseln förslagsvis sommartid, då grund- och ytvattennivåerna är låga. Preliminärt planeras genomförandet av studien initieras under sommaren 2012.

Åtgärder i form av vattentillförsel genomförs endast om det uppstår hydrogeologiska (grundvattennivå) och/eller hydrologiska (ytvattennivå) förändringar i någon av de fem utpekade våtmarkerna, och om dessa förändringar beror på grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen. Om sådana förändringar uppstår, genomförs åtgärden för den eller de våtmarker där förändringen

uppstått. Detta kriterium innebär att ett kontrollprogram behöver upprättas, inklusive mätningar i ett eller flera referensområden. Förslaget på kontrollprogram beskrivs närmare i avsnitt 6.6 i rapporten.

Förslagsvis ska en observerad nivåförändring (avvikelse från ostörda förhållanden) bestå under i storleksordningen ett år innan beslut tas om att påbörja vattentillförseln. Detta motiveras bland annat av att slutförvarsanläggningen kontinuerligt kommer att byggas ut och injekteras. Det finns därför en möjlighet att en förändring som uppkommit avtar med tiden, till exempel efter det att injektering genomförts av någon del av förvaret med stort inläckage av grundvatten. Efter ett eventuellt beslut om att initiera vattentillförseln, samt till vilken eller vilka våtmarker vatten ska tillföras, kan arbetet påbörjas med att anlägga tillförselanläggningen med tillhörande ledningar och övriga installationer. Vatten kommer inte att tillföras innan det finns nödvändiga tillstånd.

Ur ekologisk synpunkt bedöms vattentillförsel inte behövas vintertid. Det kan komma att ta en viss tid innan vattentillförseln kan påbörjas efter det att beslut fattas, då vattentillförseln innebär en del praktiska förberedelser. Det är därför rimligt att förutsätta att vattentillförseln kan påbörjas tidigast året efter beslutet.

### **B3.5 Referenser**

- Andersson A-C, Andersson O, Gustafson G, 1984.** Brunnar: undersökning, dimensionering, borring, drift. Rapport R42:1984, Byggforskningsrådet.
- Hedenström A, 2003.** Forsmark site investigation. Investigation of marine and lacustrine sediments in lakes. SKB P-03-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hedenström A, 2004.** Forsmark site investigation. Investigation of marine and lacustrine sediments in lakes. Stratigraphical and analytical data. SKB P-04-86, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hedenström A, Sohlenius G, 2008.** Description of the regolith at Forsmark. Site descriptive modeling, SDM-Site Forsmark. SKB R-08-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hedenström A, Sohlenius G, Strömberg M, Brydsten M, Nyman H, 2008.** Depth and stratigraphy of regolith at Forsmark. Site descriptive modeling, SDM-Site Forsmark. SKB R-08-07, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Johansson P-O, 2008.** Description of surface hydrology and near-surface hydrogeology at Forsmark. Site descriptive modelling, SDM-Site Forsmark. SKB R-08-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lokrantz H, Hedenström A, 2006.** Forsmark site investigation. Description, sampling and analyses of Quaternary deposits in connection with groundwater monitoring wells, pumping wells and BAT filter tips. SKB P-06-92, 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.
- Mårtensson E, Gustafsson L-G, Gustafsson A-M, Aneljung M, Sabel U, 2010.** Hydrologiska och hydrogeologiska effekter på våtmarker och skogsområden av en slutförvarsanläggning i Forsmark. Resultat från modellering med MIKE SHE. SKB R-10-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Qvarfordt S, Borgiel M, Berg C, 2010.** Monitoring Forsmark. Hydrochemical investigations in four calciferous lakes in the Forsmark area. Results from complementary investigations in the Forsmark area, 2008–2009. SKB P-10-25, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ridderstolpe P, Stråe D, 2010.** Vattenhantering vid ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark – läge Söderviken. SKB P-10-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Sohlenius G, Hedenström A, 2009.** Platsundersökning Forsmark. Stratigrafiska undersökningar i våtmarksobjekt. SKB P-09-18, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Tröjbom M, Söderbäck B, Johansson P-O, 2007.** Hydrochemistry in surface water and shallow groundwater. Site descriptive modelling, SDM-Site Forsmark. SKB R-07-55, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Vägverket, 1990.** Hydraulisk dimensionering: diken, trummor, ledningar, magasin. Borlänge: Vägverket. (Publikation 1990:11)
- Werner K, Lundholm L, Johansson P-O, 2009.** Installation av grundvattenrör och pegelrör i våtmarker och sjön Tjärnpussen. SKB P-09-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.

## Effekter av vattentillförsel på grundvattenytans nivå

### B4.1 Höjning av grundvattenytan under ett perkolationsmagasin eller i en infiltrationsbrunn

#### B4.1.1 Vattentillförsel i ett perkolationsmagasin

En metod för tillförsel av vatten som beskrivs i rapporten är vattentillförsel via spridningsledningar, som läggs ner i ett perkolationsmagasin. Metoden innebär således att vattnet tillförs längs en linje uppströms våtmarken. Höjningen av grundvattenytan under ett sådant perkolationsmagasin kan översiktligt beräknas med de analytiska lösningar som presenteras av /Khan et al. 1976/.

Höjningen av grundvattenytan  $DH(x)$  ovan gränsen mellan ett lager med låg hydraulisk konduktivitet  $K_2$  (i detta fall berg) och ett ovanliggande lager med högre hydraulisk konduktivitet  $K_1$  (i detta fall morän) kan beräknas enligt

$$\Delta H(x) = W \left[ \frac{K_2}{K_1} \left( \frac{q'}{K_2} - 1 \right) \left( \frac{q'}{K_2} - \frac{x^2}{W^2} \right) \right]^{1/2} \quad (\text{B4-1})$$

där  $x$  betecknar det horisontella avståndet vinkelrätt från spridningsledningen,  $q'$  är ytbelastningen (vattentillförsel per ytenhet), och  $W$  är arean över vilken vattnets tillförsel (perkulationsmagasinets längd gånger dess bredd). Den största höjningen av grundvattenytan ( $DH_{max}$ ) uppstår direkt under spridningsledningen ( $x = 0$ ).  $DH_{max}$  kan beräknas med hjälp av uttrycket

$$\Delta H_{max} = W \left[ \frac{q'}{K_1} \left( \frac{q'}{K_2} - 1 \right) \right]^{1/2} \quad (\text{B4-2})$$

Tabell B4-1 redovisar den beräknade höjningen av grundvattenytan under ett perkolationsmagasin (ekvation B4-2) vid olika ytbelastning  $q'$  samt olika värden på vertikal hydraulisk konduktivitet för morän ( $K_1$ ) och berg ( $K_2$ ). Vid beräkningen av ytbelastningen  $q'$  antas vattentillförseln från perkolationsmagasinet till moränen ske över en total horisontell yta på 50 m<sup>2</sup>, vilket exempelvis motsvarar ett perkolationsmagasin med en total längd på 50 m och en bredd på 1 m. Observera att en begränsning av beräkningsmodellens giltighet medför att inga beräkningsresultat återges för de fall där ytbelastningen  $q'$  är högre än moränens vertikala hydrauliska konduktivitet,  $K_1$ .

**Tabell B4-1. Beräknad höjning av grundvattenytan  $\Delta H_{max}$  (m) under ett perkolationsmagasin, vid olika ytbelastning ( $q'$ ) samt olika värden på vertikal hydraulisk konduktivitet för morän ( $K_1$ ) och berg ( $K_2$ ).**

Morän, $K_1$ (m/s)	Berg, $K_2$ (m/s)	Vattentillförsel (l/s), ytbelastning $q'$ (m/s)		
		0,05, 1·10 <sup>-6</sup>	0,1, 2·10 <sup>-6</sup>	0,2, 4·10 <sup>-6</sup>
1,5·10 <sup>-5</sup> (fin- och grovmorän, < 0,6 m djup)	1·10 <sup>-7</sup>	0,8	1,6	3,2
Dito	5·10 <sup>-7</sup>	0,3	0,6	1,4
1,5·10 <sup>-6</sup> (grovmorän, > 0,6 m djup)	1·10 <sup>-7</sup>	2,5	$K_1 < q'$	$K_1 < q'$
Dito	5·10 <sup>-7</sup>	0,8	$K_1 < q'$	$K_1 < q'$
1·10 <sup>-7</sup> (finmorän, > 0,6 m djup)	1·10 <sup>-7</sup>	$K_1 < q'$		
Dito	5·10 <sup>-7</sup>	$K_1 < q'$		

#### B4.1.2 Vattentillförsel i en infiltrationsbrunn

I rapporten beskrivs infiltrationsbrunnar som en annan metod för tillförsel av vatten. Metoden innebär att vattnet tillförs i en eller flera punkter uppströms våtmarken. Höjningen av vattenytan i en brunn,  $DH(R_w)$ , vid tillförsel av vatten i brunnen kan beräknas enligt /Andersson et al. 1984/

$$\Delta H(R_w) = \frac{Q}{2\pi T} \ln \left( \frac{K_0}{R_w} \right) \quad (\text{B4-3})$$

där  $Q$  = vattentillförsel,  $T$  = transmissivitet (hydraulisk konduktivitet gånger mäktighet),  $R_0$  = influensradie och  $R_w$  = brunnens radie. Ekvation B4-3 avser en ”perfekt brunn”, det vill säga den tar inte

hänsyn till så kallat skin, att brunnen kan vara ofullständig eller andra faktorer som kan inverka på höjningen av vattenytan vid tillförsel i eller uttag från brunnen.

Beräkningar av höjningen av vattenytan har beräknats för en brunn med brunnsfiltret i morän med en mäktighet på 2,5 m och en hydraulisk konduktivitet på  $1,5 \cdot 10^{-5}$  m/s. I ekvation B4-3 har influensradien  $R_0$  och brunnsradien  $R_w$  antagits vara 300 m respektive 0,1 m. Enligt beräkningarna ger en vattentillförsel på  $Q = 0,05$  l/s, 0,1 l/s respektive 0,2 l/s en höjning av vattenytan i en infiltrationsbrunn  $DH(R_w) = 1,70$  m, 3,40 m respektive 6,80 m.

## B4.2 Höjning av grundvattenytan nedströms ett perkolationsmagasin eller en infiltrationsbrunn

Detta avsnitt presenterar resultat av beräkningar som utförts med semi-analytiska lösningar, baserade på så kallade analytiska element /Fitts 2004/. Som utgångspunkt för beräkningarna har en enkel flödesdomän definierats, bestående av 2,5 m morän som överlagrar 10 m berg. Den hydrauliska konduktiviteten för morän respektive berg antas vara  $1,5 \cdot 10^{-5}$  m/s respektive  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s. Vidare har en regional syd-nordlig hydraulisk gradient på cirka 1/100 ansatts i modellen.

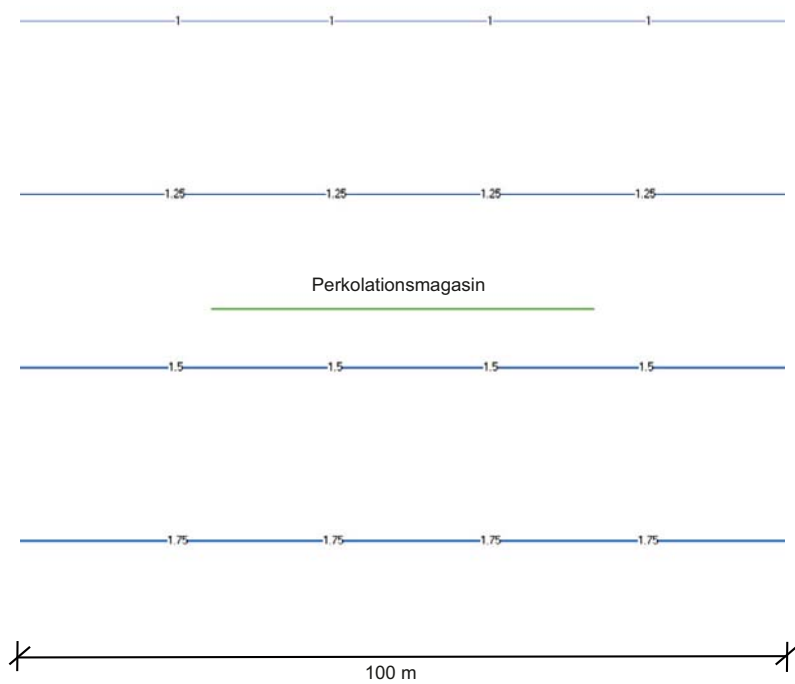
### B4.2.1 Vattentillförsel i ett perkolationsmagasin

Beräkningsresultaten avser ett perkolationsmagasin med en total längd på 50 m. I modellen representeras perkolationsmagasinet som en omvänd "linjesänka" (linesink). Som en kontroll har även perkolationsmagasinet representerats genom att ansätta en grundvattenbildning som totalt motsvarar vattentillförseln inom 50 stycken cirkelformade ytor längs det tänkta perkolationsmagasinet. Denna representation ger i stort sett identiska resultat som med en omvänd linjesänka.

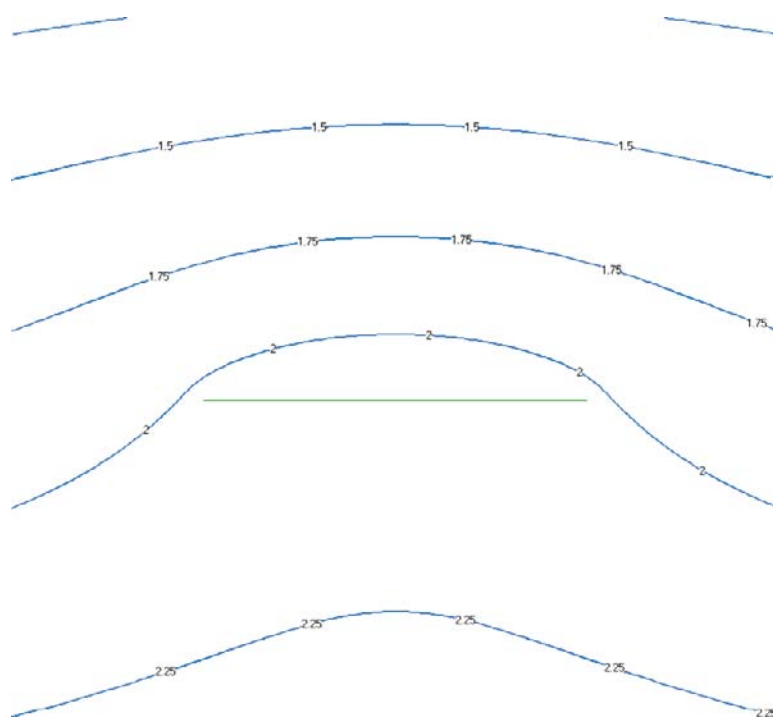
I figurerna B4-1 till B4-3 redovisas beräkningar av grundvattennivåer vid ostörda förhållanden (utan vattentillförsel) samt med vattentillförsel i ett perkolationsmagasin. I figurerna B4-4 och B4-5 redovisas motsvarande *höjning* av grundvattennivåerna. Perkolationsmagasinets läge och skalan i figurerna (ungefär 100 m gånger 100 m) anges i figur B4-1. I tabell B4-2 anges den beräknade höjningen av grundvattennivån för olika vattentillförsel, dels under perkolationsmagasinet ( $\Delta H_{max}$ ), dels i en "kontrollpunkt" belägen 25 m nedströms (norrut) från perkolationsmagasinets centrum ( $\Delta H_{25}$ ).

**Tabell B4-2. Beräknad höjning (m) av grundvattenytan under ett perkolationsmagasin ( $\Delta H_{max}$ ) och 25 m nedströms perkolationsmagasinet ( $\Delta H_{25}$ ) vid olika vattentillförsel.**

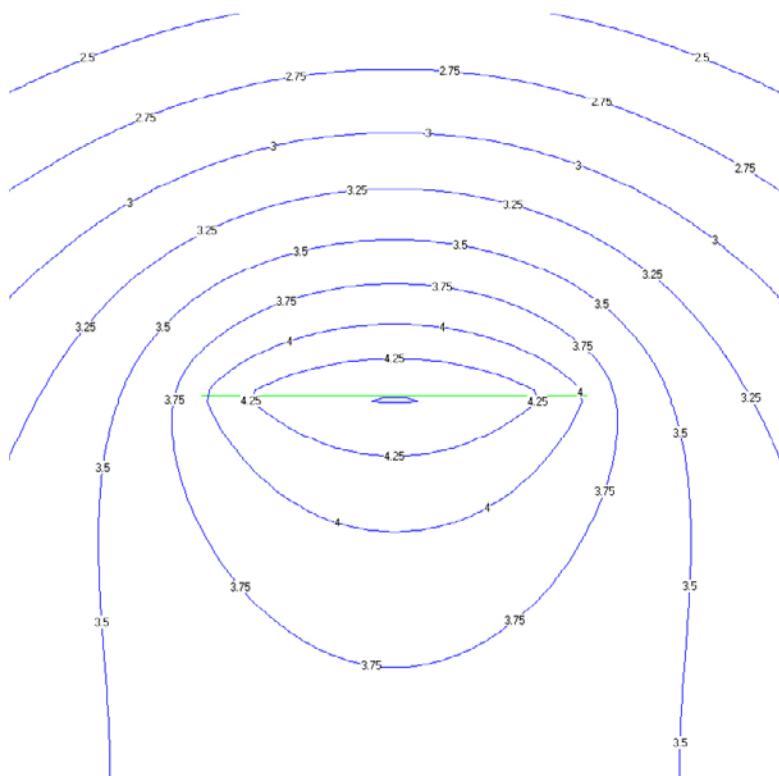
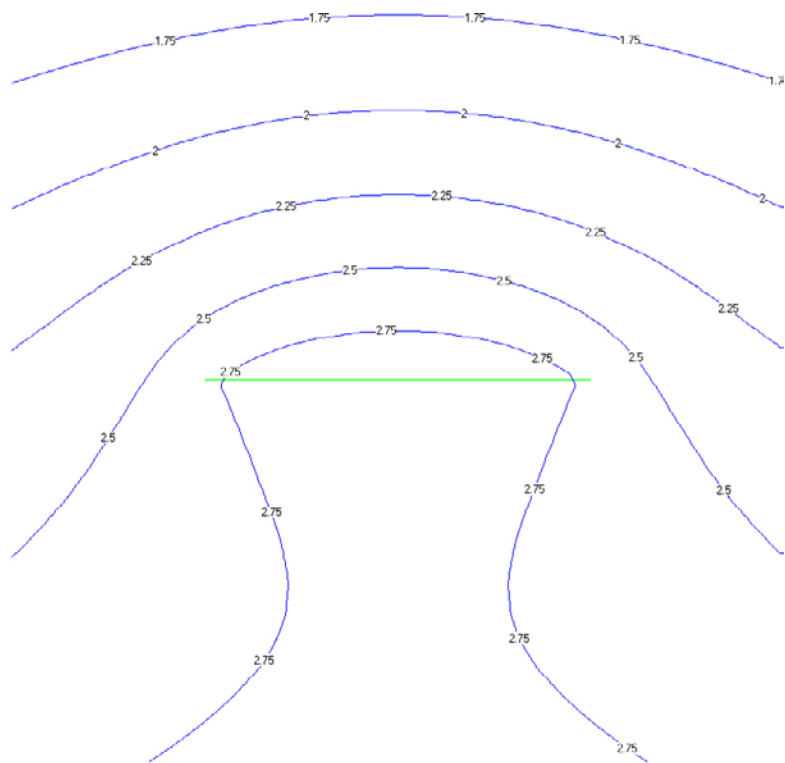
Vattentillförsel (l/s), längdbelastning $q''$ ( $m^2/s$ )					
0,05, $1 \cdot 10^{-6}$		0,1, $2 \cdot 10^{-6}$		0,2, $4 \cdot 10^{-6}$	
$\Delta H_{max}$ (m)	$\Delta H_{25}$ (m)	$\Delta H_{max}$ (m)	$\Delta H_{25}$ (m)	$\Delta H_{max}$ (m)	$\Delta H_{25}$ (m)
0,78	0,55	1,56	1,09	3,12	2,18



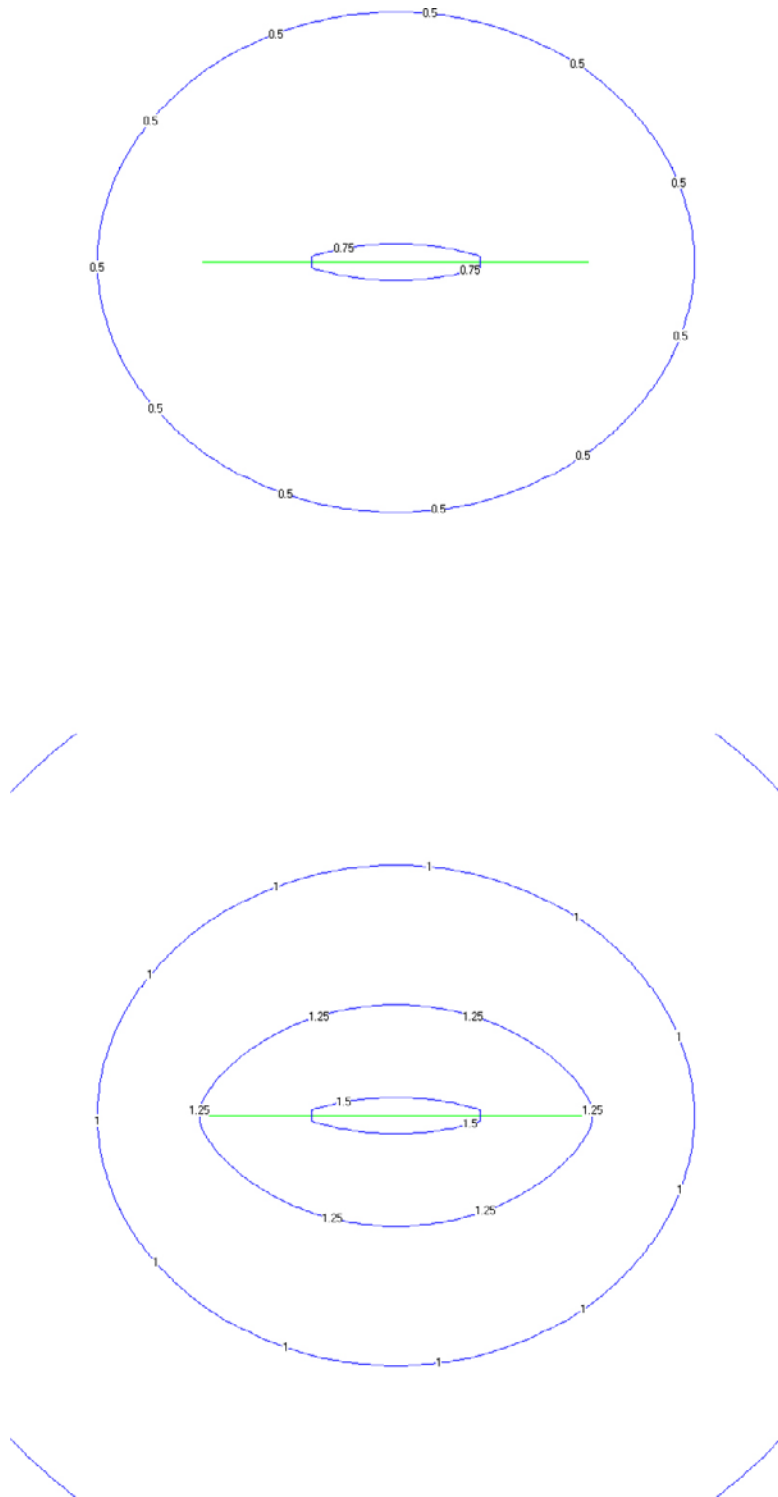
**Figur B4-1.** Ostörda grundvattennivåer (utan vattentillförsel) samt läget för perkolationsmagasinet i beräkningsexemplet.



**Figur B4-2.** Beräknade grundvattennivåer vid en vattentillförsel på 0,05 l/s i ett perkolationsmagasin.

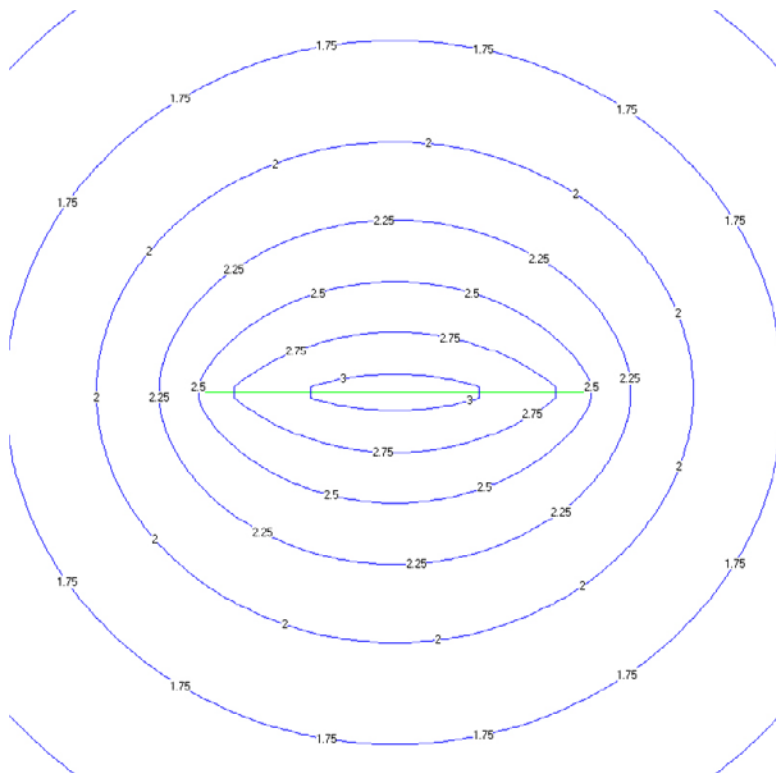


**Figur B4-3.** Beräknade grundvattennivåer vid en vattentillförsel på 0,1 l/s (övre bilden) samt 0,2 l/s (nedre bilden) i ett perkolationsmagasin.



**Figur B4-4.** Beräknad höjning av grundvattennivåerna vid en vattentillförsel på 0,05 l/s (övre bilden) samt 0,1 l/s (nedre bilden) i ett perkolationsmagasin.





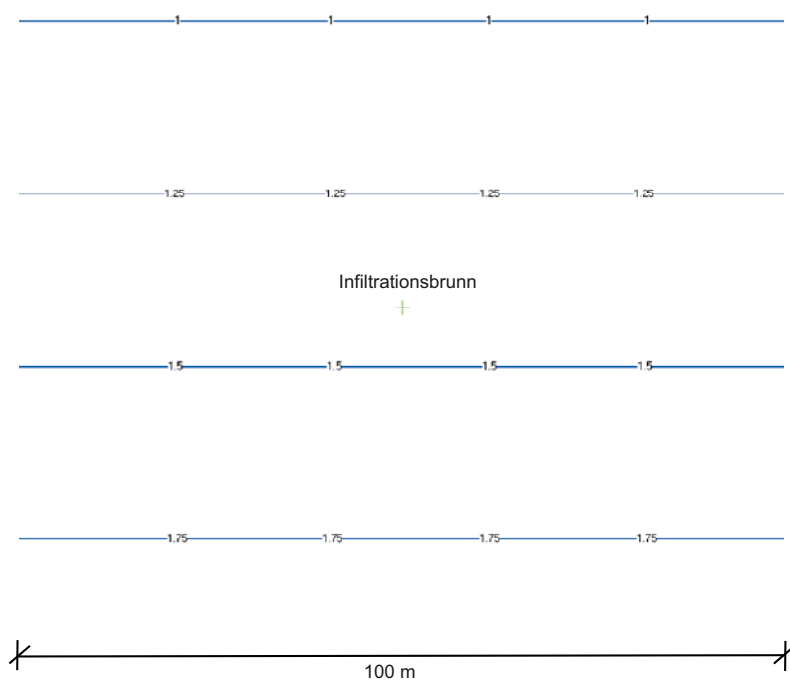
**Figur B4-5.** Beräknad höjning av grundvattennivåerna vid en vattentillförsel på 0,2 l/s i ett perkolationsmagasin.

#### B4.2.2 Vattentillförsel i en infiltrationsbrunn

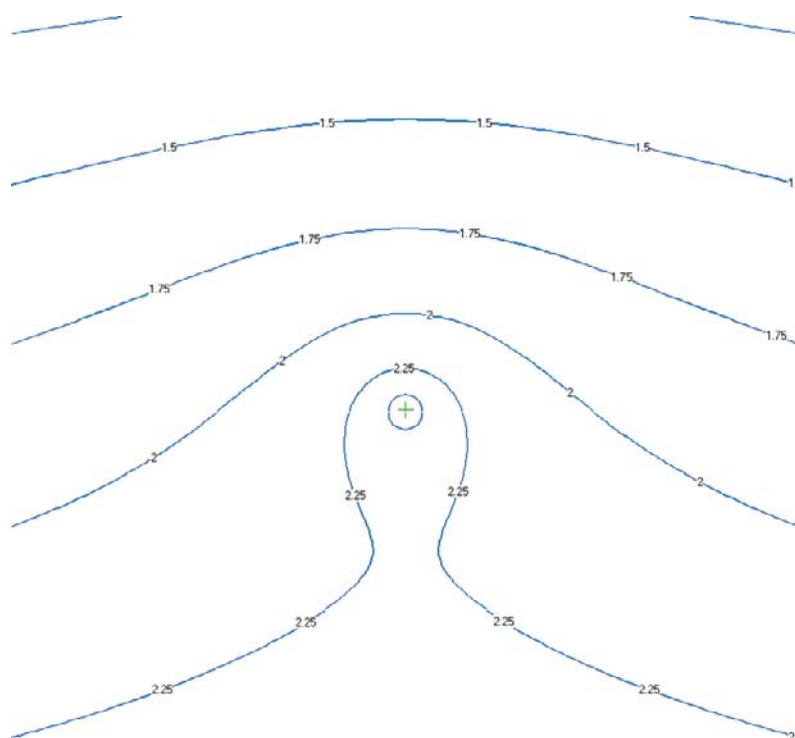
Beräkningsresultaten avser en infiltrationsbrunn med en brunnsradie på 0,1 m. I figurerna B4-6 till B4-8 redovisas beräkningar av grundvattennivåer vid ostörda förhållanden (utan vattentillförsel) samt med vattentillförsel i en infiltrationsbrunn. I figurerna B4-9 och B4-10 redovisas motsvarande höjning av grundvattennivåerna. Infiltrationsbrunnens läge och skalan i figurerna (ungefär 100 m gånger 100 m) anges i figur B4-6. I tabell B4-3 anges den beräknade höjningen av grundvattennivån för olika vattentillförsel, dels i infiltrationsbrunnen ( $\Delta H_{max}$ ), dels i en kontrollpunkt 25 m nedströms (norrut) från infiltrationsbrunnen ( $\Delta H_{25}$ ).

**Tabell B4-3.** Beräknad höjning (m) av vattenytan i en infiltrationsbrunn ( $\Delta H_{max}$ ) och 25 m nedströms infiltrationsbrunnen ( $\Delta H_{25}$ ) vid olika vattentillförsel.

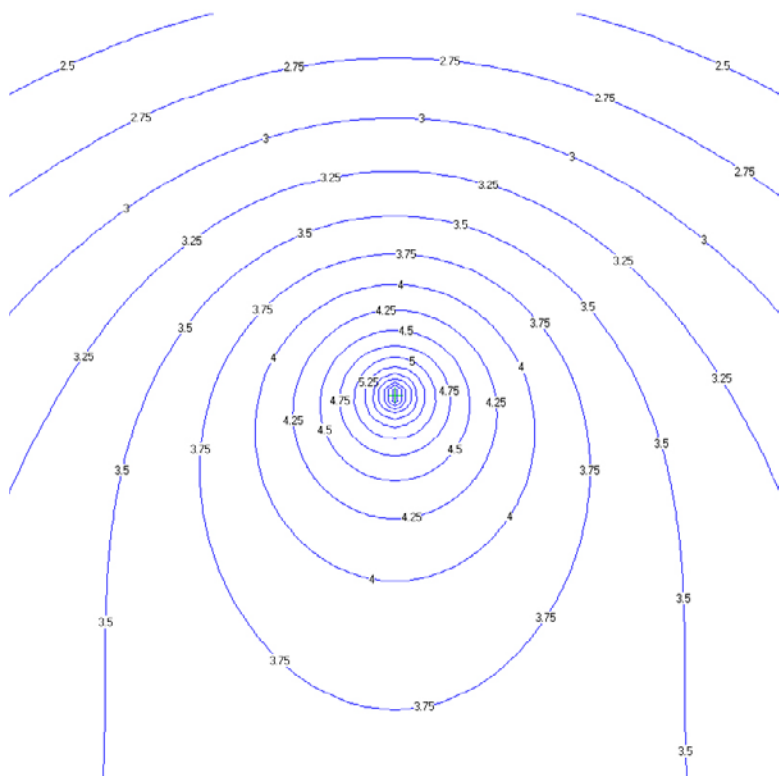
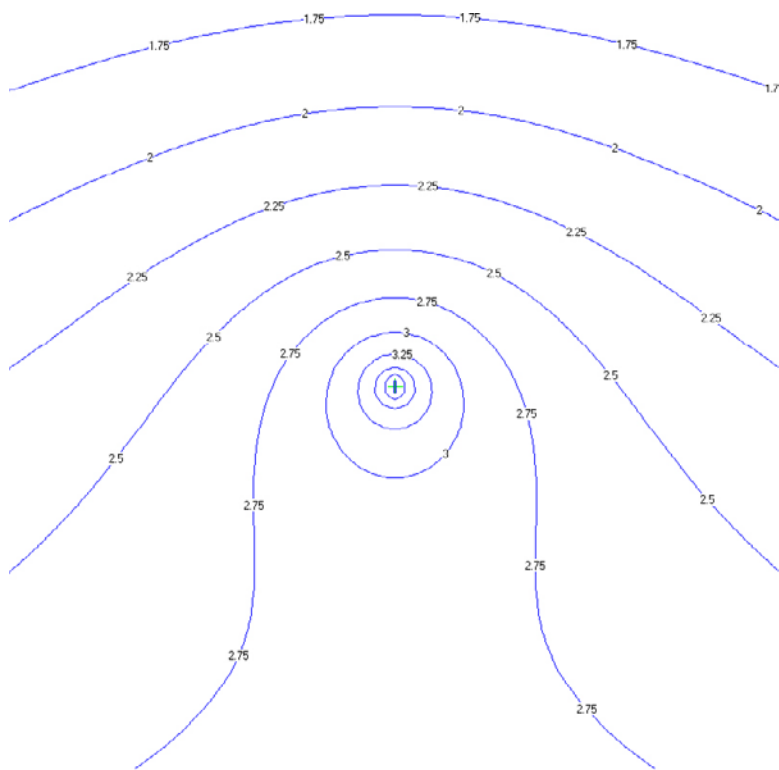
Vattentillförsel (l/s)					
0,05		0,1		0,2	
$\Delta H_{max}$	$\Delta H_{25}$	$\Delta H_{max}$	$\Delta H_{25}$	$\Delta H_{max}$	$\Delta H_{25}$
1,71	0,57	3,42	1,15	6,86	2,29



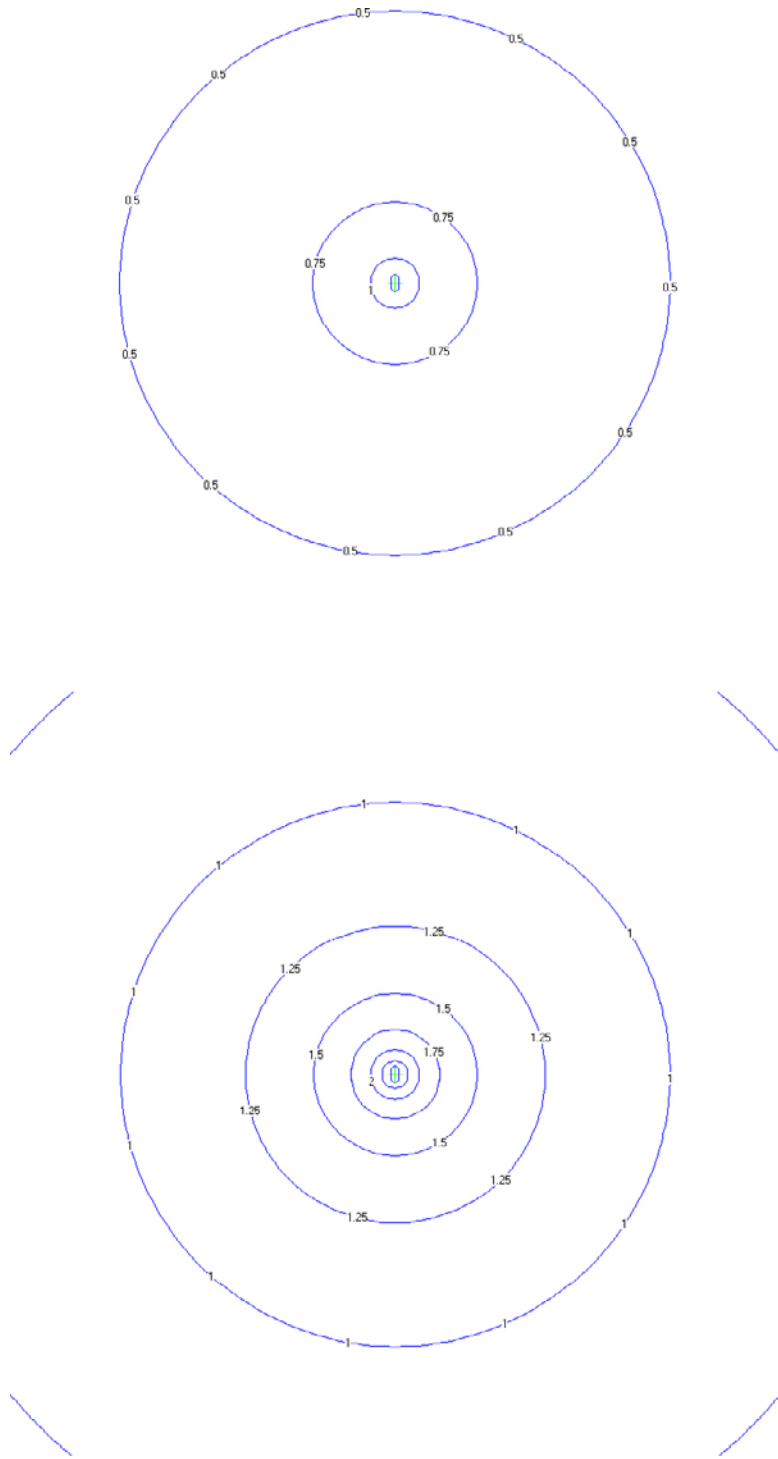
**Figur B4-6.** Ostörda grundvattennivåer (utan vattentillförsel) samt läget för infiltrationsbrunnen i beräkningsexemplet.



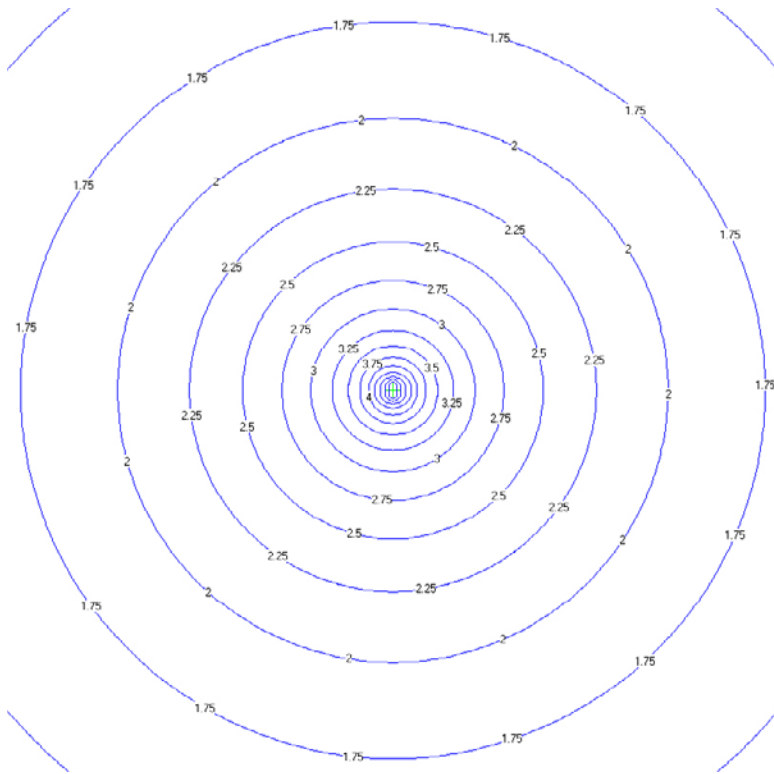
**Figur B4-7.** Beräknade grundvattennivåer vid en vattentillförsel på 0,05 l/s i en infiltrationsbrunn.



**Figur B4-8.** Beräknade grundvattennivåer vid en vattentillförsel på 0,1 l/s (övre bilden) samt 0,2 l/s (nedre bilden) i en infiltrationsbrunn.



**Figur B4-9.** Beräknad höjning av grundvattennivåerna vid en vattentillförsel på 0,05 l/s (övre bilden) samt 0,1 l/s (nedre bilden) i en infiltrationsbrunn.



**Figur B4-10.** Beräknad höjning av grundvattennivåerna vid en vattentillförsel på 0,2 l/s i en infiltrationsbrunn.

### B4.3 Referenser

**Andersson A-C, Andersson O, Gustafson G, 1984.** Brunnar: undersökning, dimensionering, borring, drift. Rapport R42:1984, Bygghälsöförskningsrådet.

**Fitts C, 2004.** TWODAN. Two-dimensional analytical groundwater flow model. Scarborough, ME: Fitts Geosolutions.

**Khan M Y, Kirkham D, Handy R L, 1976.** Shapes of steady state perched groundwater mounds. *Water Resources Research*, 12, s 429–436.

### Vattentillförsel till våtmarker: Uppföljning och kontrollprogram

#### B5.1 Hydrogeologiska förhållanden i våtmarker och behov av referensområde

Ett förslag till kontrollprogram för grundvattenbortledningen ingår i ett samlat kontrollprogram i en bilaga till Slutförvarets ansökan enligt miljöbalken och redovisas inte här.

Det översiktliga förslaget till kontrollprogram som anges nedan avser endast de fem våtmarkerna som kan bli aktuella för infiltrationsåtgärderna. Förslaget nedan syftar dels till att ge beslutsunderlag för eventuell initiering av vattentillförsel, dels till att följa upp effekterna av sådana åtgärder.

Vattentillförsel påbörjas endast om det uppstår grund- eller ytvattennivåförändringar i någon av de fem utpekade våtmarkerna, och om dessa förändringar beror på grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen. För att kunna urskilja nivåförändringar som är att hänföra till grundvattenbortledningen, måste kontrollprogrammet omfatta både de aktuella våtmarkerna och andra, liknande våtmarksmiljöer i ett eller flera referensområden.

Generellt omfattar ett sådant kontrollprogram en uppföljning av grund- och ytvattennivåer, kombinerat med återkommande ekologiska inventeringar. Första kvartalet år 2009 installerades pegel- och grundvattenrör med automatiskt registrerande nivåmätningssutrustning i bland annat våtmarksobjekten 7, 14, 16, 18 och 23 /Werner et al. 2009/. Dessa installationer möjliggör en långsiktig uppföljning av grund- och ytvattennivåerna i dessa våtmarksobjekt.

Motsvarande mätningar behöver även göras i ett referensområde (eller flera referensområden), vilket innebär att pegel- och grundvattenrör med automatiskt registrerande nivåmätningssutrustning behöver installeras. För att nivåmätningar från ett referensområde ska kunna användas för sitt syfte, måste de påbörjas i god tid innan grundvattenbortledningen från slutförvarsanläggningen påbörjas; minst ett men helst två till tre år är sannolikt nödvändigt. Vidare måste man med säkerhet kunna förutsätta att inga nivåförändringar kan uppstå i referensområdet till följd av grundvattenbortledningen. Referensområdet måste även ha så likartade meteorologiska, topografiska och hydrogeologiska förhållanden som möjligt som i det område där de aktuella våtmarkerna i Forsmark är belägna.

I nuläget har endast en översiktlig genomgång gjorts av möjliga referensområden. Dessa inkluderar områden med våtmarker i perifera delar av Forsmarksområdet (det vill säga, områden i Forsmark som ändå är långt bort från slutförvarsanläggningen), våtmarker på Hållnåshalvön (vid kusten, cirka 20 km nordväst om Forsmark) och SKB:s tidigare förstudieområde i Finnsjön (inåt landet, cirka 15 km sydväst om Forsmark).

Det finns våtmarker i perifera delar av Forsmarksområdet av motsvarande typ som de fem aktuella våtmarkerna, med likartade topografiska och hydrogeologiska förhållanden. Beroende på vilken eller vilka våtmarker som skulle väljas ut inom referensområdet, kan det behövas kompletterande installationer av pegel- och grundvattenrör samt nivåmätningssutrustning. För att helt undvika misstankar om att även dessa gölar påverkas av grundvattenytensänkning kan det dock vara klokt att förlägga referensgölar helt utanför Forsmark.

Den information som för närvarande finns tillgänglig indikerar att det finns ett antal våtmarker på Hållnåshalvön av motsvarande typ som de aktuella våtmarkerna i Forsmarksområdet. Givet närheten mellan Hållnåshalvön och Forsmarksområdet, samt områdenas närhet till havet, är den preliminära bedömningen att Hållnåshalvön har liknande meteorologiska förhållanden som i Forsmark. Om Hållnåshalvön väljs som referensområde, behöver pegel- och grundvattenrör med nivåmätningssutrustning installeras i en eller flera våtmarker.

Området vid Finnsjön är förhållandevis välkarakteriserat genom SKB:s tidigare förstudier i området /Ahlbom et al. 1992/. Det behöver undersökas närmare om de våtmarker som finns i Finnsjön-området är av motsvarande typ som våtmarkerna i Forsmarksområdet. Även om vissa fältinstallationer fortfarande finns kvar i Finnsjön, behöver sannolikt pegel- och grundvattenrör med nivåmätningssutrustning installeras om Finnsjön väljs som referensområde.

Sammanställningen ovan visar att det behövs mer underlag och studier kring möjliga referensområden för att kunna bedöma vilket eller vilka som kan anses lämpliga. Vid val av referensområde behöver man även beakta att det finns samordningsfördelar om det referensområde som väljs även utgör referensområde vad gäller andra aspekter som behandlas i det samlade kontrollprogrammet.

Genom kontrollprogrammet kommer det alltså att finnas grund- och ytvattennivåmätningar både från våtmarker i Forsmarksområdet ("kontrollpunkter") och från våtmarker i ett eller flera referensområden ("referenspunkter"). Det som då behövs är konkreta kriterier för om och när beslut ska tas om att påbörja vattentillförsel till våtmarkerna i Forsmarksområdet. Utvärderingsmetoder och kriterier diskuteras kortfattat nedan.

SKB ser det som lämpligast att använda en kombination av olika metoder för att utvärdera nivåmätningarna. Sådana metoder kan grovt indelas i "enpunktsmetoder" och "flerpunktsmetoder", där enpunktsmetoder innebär att nivådata från en kontroll- eller referenspunkt utvärderas i taget. Med flerpunktsmetoder avses främst metoder där nivådata från flera mätpunkter analyseras samtidigt. Exempel på typiska enpunktsmetoder är traditionella tidsserieplottar för identifiering av förändringar och trender, beräkning av periodvisa medelvärden samt av ackumulerade avvikelser från medelvärden. Exempel på statistiska flerpunktsmetoder är stegvis linjär regression /Olofsson 1991/ och så kallad modified double mass /Svensson 1988/. En viktig fördel med de senare typerna av metoder är att de är väl lämpade för att identifiera avvikelser från "naturliga" nivåförändringar, det vill säga nivåförändringar som inte beror på variationer av de meteorologiska förhållandena.

Man kan förutsätta att det behövs långa tidsserier (ett till tre år) från både kontrollpunkter och referenspunkter för ostörda förhållanden. Detta behövs dels för att kunna utvärdera statistiska korrelationer, dels för att kunna identifiera lämpliga kriterier för avvikelser för ett beslut om att påbörja vattentillförseln. I dagsläget (slutet av 2010) finns det endast relativt korta tidsserier (cirka ett och ett halvt år) från pegel- och grundvattenrören i de aktuella våtmarkerna i Forsmark. Detta innebär att ovannämnda analyser och val av kriterier inte kan göras i sin helhet innan längre tidsserier finns tillgängliga från pegel- och grundvattenrör i Forsmark, samt från ett eller flera referensområden.

Om områden med våtmarker i perifera delar av Forsmarksområdet väljs som referensområde, finns det vissa möjligheter att identifiera kontroll- och referenspunkter med hög statistisk korrelation. En sådan korrelationsanalys har genomförts tidigare för ett stort antal grundvattenrör i Forsmarksområdet /Juston et al. 2007/. Analysen visar på generellt höga korrelationer vad gäller uppmätta grundvattennivåer i olika rör. Denna analys behöver dock kompletteras, dels med längre tidsserier, dels med de pegel- och grundvattenrör som installerades i våtmarkerna i Forsmark under år 2009.

## **B5.2 Uppföljning av vattentillförselns hydrogeologiska effekter samt underhållsbehov**

Då vattentillförseln påbörjats kommer tillförselanläggningarna att behövas "trimmas" in och vid behov justeras för att säkerställa anläggningarnas funktion och få önskad styrning av tillflöden och nivåer. Även under den fortsatta driften av anläggningarna kommer det att behövas en kontinuerlig uppföljning av deras funktion och effekter.

Erfarenheter från långvarig drift av anläggningar för grundvattenuttag och -tillförsel /Agerstrand och Gustafsson 1980, Andersson 1988, Hanson 2000, Olofsson och Palmgren 1994/ visar att kapaciteten för sådana anläggningar kan minska med tiden. Med minskad kapacitet menas i detta fall att uttag eller tillförsel av en viss storlek kräver ett med tiden ökande under- eller övertryck. I regel beror sådana långsiktiga förändringar på olika typer av igensättningar. Specifikt har erfarenheter från drift av infiltrationsanläggningar visat att det är viktigt att från början utarbeta ett långsiktigt program för driftkontroll och underhåll /Olofsson och Palmgren 1994/. Man kan förutsätta att igensättningar kan uppkomma med tiden även i det aktuella fallet, vilket innebär att underhåll kommer att behövas med vissa intervall för att bibehålla anläggningarnas funktion.

Igensättningar kan indelas i tre huvudtyper: Fysiska igensättningar (orsakade av en stor andel finmaterial i vattnet), kemiska igensättningar (främst utfällningar av järn, mangan och kalk) och biologiska (bakteriella) igensättningar. Igensättningar av finmaterial kan i regel åtgärdas via backspolning, medan kemiska och bakteriella igensättningar kan minskas genom spolning med syralösning och desinficeringsmedel.

Igensättningar brukar i regel ske i kontaktytor mellan olika material. I fallet med perkolationsmagasin kan igensättningar uppkomma i kontaktytan mellan fyllning och spridningsledning, och mellan perkolationsmagasin och omgivande naturliga jordmaterial. I infiltrationsbrunnar brukar igensättningar främst uppkomma i kontaktytan mellan brunnens filter och omgivande kringfyllning eller jordmaterial. Vid uttag av grundvatten beror igensättningarnas omfattning primärt på egenskaperna på det uttagna grundvattnet, medan det främst är egenskaperna för det tillförda vattnet som styr igensättningarnas omfattning vid tillförsel av vatten.

Detta innebär att driftsproblem i form av igensättningar även bör beaktas vad gäller egenskaperna hos det tillförda vattnet, som därför regelbundet bör provtas och analyseras under hela den tid som tillförselanläggningarna är i drift. Om vatten från sjön Bruksdammen används bör det inte uppstå några större problem med fysiska eller kemiska igensättningar. Detta beror på att råvattnet från sjön har en liten andel finmaterial och även låga halter av järn och mangan. Dock är råvattnets kemiska syreförbrukning (COD) ganska hög, vilket kan ge vissa problem med bakteriella (biologiska) igensättningar.

De hydrogeologiska och hydrologiska effekterna av vattentillförseln kommer att följas upp under hela den tid som tillförselanläggningarna är i drift. Uppföljningen kommer att ske genom mätning av grund- och ytvattennivåer enligt beskrivningen i denna bilaga. Metodik för ekologisk uppföljning beskrivs i avsnitt 6.6.2 i rapporten.

### B5.3 Referenser

- Agerstrand T, Gustafson G, 1980.** Norra Botkyrka – infiltration för att motverka grundvattensänkning. Rapport R24:1980, Byggforskningsrådet.
- Ahlbom K, Andersson J-E, Andersson P, Ittner T, Ljunggren C, Tirén S, 1992.** Finnsjön study site. Scope of activities and main results. SKB TR 92-33, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Andersson O, 1988.** Projektering av injekteringsbrunnar kräver speciella överväganden. I: Grundvattenförsörjning: geohydrologi i praktiken: dokumentation av symposiet den 4 maj 1988. Vällingby: VIAK, s 261–295.
- Hanson G, 2000.** Konstgjord grundvattenbildning: 100-årig teknik inom svensk dricksvattenförsörjning. VA-Forsk Rapport 2000:5, Svenska vatten- och avloppsverksföreningen.
- Juston J, Johansson P-O, Levén J, Tröjbom M, Follin S, 2007.** Analysis of meteorological, hydrological and hydrogeological monitoring data. Forsmark – stage 2.1. SKB R-06-49, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Olofsson B, 1991.** Impact on groundwater conditions by tunnelling in hard crystalline rocks. Ph. D. thesis, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden. (TRITA-KUT/91:1063)
- Olofsson B, Palmgren S, 1994.** Djupinfiltration för grundvattennivåkontroll. SveBeFo Rapport 13, Stiftelsen för Svensk Bergteknisk Forskning.
- Svensson C, 1988.** Analys av påverkade grundvattennivåer. Meddelande 84, Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola.
- Werner K, Lundholm L, Johansson P-O, 2009.** Installation av grundvattenrör och pegelrör i våtmarker och sjön Tjärnpussen. SKB P-09-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.