

R-99-60

Förstudie Tierp

Anläggningar och transporter

Ebbe Forsgren
SwedPower AB

Fritz Lange
Lange Art Arkitektkontor AB

Thomas Milchert
SALTECH Consultants AB

Bengt Leijon
Conterra AB

November 1999

Svensk Kärnbränslehantering AB

Swedish Nuclear Fuel
and Waste Management Co
Box 5864
SE-102 40 Stockholm Sweden
Tel 08-459 84 00
+46 8 459 84 00
Fax 08-661 57 19
+46 8 661 57 19



Förstudie Tierp

Anläggningar och transporter

Ebbe Forsgren
SwedPower AB

Fritz Lange
Lange Art Arkitektkontor AB

Thomas Milchert
SALTECH Consultants AB

Bengt Leijon
Conterra AB

November 1999

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

Sammanfattning

Denna rapport behandlar de tekniska förutsättningarna för att bygga och driva ett djupförvar i Tierps kommun. Preliminära förslag till lokalisering och utformning av erforderliga anläggningar redovisas. Som bakgrund ges en allmän teknisk beskrivning av de planerade anläggningarna och driftverksamheten.

Djupförvarets anläggningar kommer att omfatta dels förvaringstunnlar och andra utrymmen på ca 500 meters djup i berggrunden, dels industrianläggningar i markplanet. De bergförlagda delarna kommer fullt utbyggda att ha en utbredning på någon kvadratkilometer. Anläggningarna på mark omfattar ett industriområde på ca 15 hektar. Industriområdet förbinds med berganläggningarna med en lutande transporttunnel och troligen också ett vertikalt schakt för persontransporter med hiss.

Generellt bedöms Tierps kommun erbjuda goda förutsättningar för att bygga och driva djupförvaret. Väg- och järnvägsförbindelserna är väl utbyggda. Däremot finns det ingen hamn som kan hantera det gods som behöver transporteras till djupförvaret. Förstahandsalternativet skulle därför vara att nyttja någon av de industrihamnar som finns norr eller söder om kommunen, och därifrån transportera godset på järnväg eller möjligen landsväg till platsen för djupförvaret. Ett alternativ är att bygga en ny hamn inom kommunen.

Var djupförvarets berganläggningar kan förläggas styrs av bergförhållandena. I Tierps kommun är det enligt förstudiens geologiska utredningar i första hand olika typer av graniter som kan vara lämpliga. Dessa bergarter bedöms ge goda, och för svensk berggrund normala, förutsättningar för bygge och drift av anläggningarna. Många parametrar som är väsentliga för bergbyggnaden och för förvarets funktion kan emellertid inte bestämmas förrän man gjort direkta undersökningar av berget, inklusive borrhningar. Förstudien kan därför inte föreslå någon specifik plats för berganläggningarna, än mindre någon platsanpassad teknisk utformning.

För industrianläggningarna ovan jord har tre alternativa förslag till lokalisering tagits fram. Dessa benämns Inlandet, Karlholmsbruk, respektive Svartviken.

Alternativ Inlandet innebär att anläggningarna lokaliseras till en obestämd plats i kommunens inre delar. Platsen väljs i ett senare skede på basis av resultat från bergundersökningar. All verksamhet ovan jord samlas till ett driftområde, placerat rakt ovanför förvaret. Miljön antas vara ett idag obebyggt skogsområde, varför såväl anläggningar som infrastruktur får byggas upp från grunden. Transporterna går till en hamn i regionen, och därefter på järnväg till djupförvaret. Det är en fördel om platsen ligger nära stambanan eftersom en järnvägsanslutning måste byggas. Närhet till tätorter, gärna centralorten Tierp, är också fördelaktigt eftersom det minskar personalens arbetsresande under den mångåriga driftperioden.

Alternativ Karlholmsbruk innebär att huvuddelen av driftverksamheten förläggs vid Karlholmsbruk. Befintlig infrastruktur kan samnyttjas i stor utsträckning. För transporterna nyttjas även i detta fall någon av hamnarna utanför kommunen och en järnvägsanslutning till Karlholmsbruk byggs från stambanan. Berganläggningarna förläggs till en plats som kan väljas först efter ingående bergundersökningar, men som ligger inom rimligt avstånd från Karlsholmsbruk för att kunna nås via en lutande tunnel (som mest

upp till ca 10 km). På denna plats etableras ett mindre driftområde med bland annat kontor och personalutrymmen, varifrån ett hissförsett schakt erbjuder snabb kommunikation med berganläggningarna.

Alternativ Svartviken innebär att en ny hamn anläggs inom kommunen. Huvuddelen av driftverksamheten och tunnelnedfarten förläggs i direkt anslutning till hamnen. En lämplig plats kan vara Svartviken, på Lövstabuktens östra sida. Där kan förutom lämplig industrihamn även en anslutande marina och eventuellt andra fritidsanläggningar förläggas. Liksom för alternativet Karlholmsbruk förläggs berganläggningarna inom avstånd som kan nås med en tunnel. Ingen järnväg behöver byggas för detta alternativ, men det lokala vägnätet behöver rustas upp.

Alla tre förslagen bedöms ge goda förutsättningar att med rimliga insatser bygga och driva anläggningarna med god funktion och hög säkerhet. Viktiga faktorer som beaktats är närhet till berggrund som preliminärt bedöms vara lämplig för ett djupförvar, samt transportförutsättningar och infrastruktur. Därutöver har ambitionen varit att anpassa förslagen till de specifika förutsättningar som Tierps kommun erbjuder vad gäller miljö, näringsliv och samhälle. Förslagen bygger på det underlag som finns idag och ska självfallet ses som preliminära. Eventuella fortsatta lokaliseringsstudier i kommunen kan förändra bilden, inte minst vad gäller de geologiska förutsättningarna.

Innehåll

1	Inledning	7
2	Djupförvaret – anläggningar och verksamhet	9
2.1	Allmänt	9
2.2	Anläggningar under jord	12
2.3	Anläggningar ovan jord	13
2.4	Alternativa utformningar	14
2.4.1	Driftområdet ovanför förvarets centralområde	14
2.4.2	Driftområdet sidoförskjutet i förhållande till förvaret	16
2.4.3	Två driftområden	16
2.5	Verksamheten vid drift	17
2.5.1	Översikt	17
2.5.2	Interna transporter och deponering av avfall	20
2.5.3	Utsprängning – iordningställande	21
2.5.4	Kontroll och dokumentation	22
2.5.5	Tillverkning av bentonitblock och återfyllnadsmaterial	22
2.5.6	Drift och underhåll av servicesystem	22
2.5.7	Underhåll av byggnader, markanläggningar och bergrum	22
2.5.8	Underhåll och reparation av lyftanordningar, fordon och maskiner	22
2.5.9	Information	23
2.5.10	Administration, bevakning	23
2.6	Personalbehov	23
2.6.1	Platsundersökningar	24
2.6.2	Utbyggnad	24
2.6.3	Drift	24
2.7	Arbetsmiljö och skydd	26
2.7.1	Utbyggnad	26
2.7.2	Drift	26
3	Transportsystemet	29
3.1	Allmänt	29
3.2	Godslag till och från djupförvaret	30
3.2.1	Anläggningsskedet	30
3.2.2	Driftskedet	30
3.3	Transportkedjan till djupförvaret	32
3.3.1	Radioaktivt avfall	32
3.3.2	Bulkmaterial, massgods	33
3.3.3	Lokala transporter	33
3.4	Sjötransporter och hamnar	34
3.5	Landtransporter	35
3.5.1	Järnvägstransport	35
3.5.2	Vägtransport	35
3.6	Transportsäkerhet	36

4	Tierps kommun – generella förutsättningar	39
4.1	Allmänt om kommunen	39
4.2	Vägar och järnvägar	41
4.2.1	Vägar	41
4.2.2	Järnvägar	42
4.3	Hamnar	42
4.3.1	Gävle hamnar	42
4.3.2	Skutskärs hamn	46
4.3.3	Forsmarks hamn	48
4.3.4	Hargshamn	50
4.3.5	Möjliga hamnlägen i Tierps kommun	52
4.4	Geologiska förutsättningar	55
4.5	Bergtekniska förutsättningar	57
4.5.1	Allmänt	57
4.5.2	Bedömningsunderlag	58
4.5.3	Viktiga faktorer	59
4.5.4	Data från kommunen och regionen	63
4.5.5	Bedömning	67
5	Lokaliseringsalternativ i Tierps kommun	69
5.1	Allmänt	69
5.1.1	Målsättning	69
5.1.2	Principlösningar	69
5.1.3	Tre lokaliseringsförslag	71
5.2	Alternativ ”Inlandet”	71
5.2.1	Bakgrund	71
5.2.2	Transporter	72
5.2.3	Markdisponering och situationsplan	73
5.3	Alternativ Karlholmsbruk	77
5.3.1	Bakgrund	77
5.3.2	Transporter	78
5.3.3	Platsens förutsättningar	79
5.3.4	Markdisponering, situationsplan och perspektiv – driftområde 1	81
5.3.5	Driftområde 2	85
5.3.6	Ventilationsbyggnader	88
5.4	Alternativ Svartviken	90
5.4.1	Bakgrund	90
5.4.2	Transporter	91
5.4.3	Platsens förutsättningar	92
5.4.4	Markdisponering, situationsplan och perspektiv – hamn och driftområde 1	94
5.4.5	Driftområde 2	97
5.4.6	Ventilationsbyggnader	97
5.5	Jämförande bedömning	98
6	Referenser	101

1 Inledning

Denna rapport har tagits fram på uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) och redovisar en delutredning i SKB:s pågående förstudie av Tierps kommun. Förstudiens huvudsyfte är att utvärdera förutsättningarna för att lokalisera ett djupförvar för använt kärnbränsle och annat långlivat radioaktivt avfall till kommunen. Vidare skall förstudien belysa de konsekvenser som en sådan lokalisering skulle kunna få för kommunen.

I förstudien görs en rad utredningar för att få fram ett brett underlag om de faktorer som på olika sätt har betydelse för lokaliseringsförutsättningarna. Huvudområden som behandlas är geologiska och tekniska förhållanden, mark- och miljöfrågor samt olika samhällsaspekter. Denna rapport redovisar det utredningsarbete som gjorts om de tekniska förutsättningarna att etablera och driva ett djupförvar i Tierps kommun.

Som en bakgrund presenteras först djupförvarsprojektet till sitt tekniska innehåll. Kapitel 2 beskriver de anläggningar som behövs, samt de funktioner och verksamheter som ska finnas och fungera vid dessa anläggningar. Även personalbehov och arbetsmiljöfrågor berörs. I kapitel 3 redovisas behoven av transporter till djupförvaret, tillgänglig teknik för dessa transporter och den planerade utformningen av transportsystemet.

Med detta som grund studeras i kapitel 4 de tekniska förutsättningarna för att lokalisera djupförvaret till Tierps kommun. En viktig fråga är vilken infrastruktur som finns och vilka kompletteringar som skulle behövas för transporterna till djupförvaret. Förutom vägar och järnvägar beskrivs befintliga hamnar i regionen och deras förutsättningar att fungera som mottagningshamn för aktuella godsslag och mängder. Även möjligheten att bygga en ny hamn, belägen inom kommunen, behandlas. En annan viktig fråga är vilka förutsättningar som kommunens berggrund ger för att bygga och driva djupförvarets berganläggningar. Denna fråga diskuteras, med utgångspunkt från de egenskaper hos berggrunden som är väsentliga ur anläggningsteknisk synvinkel.

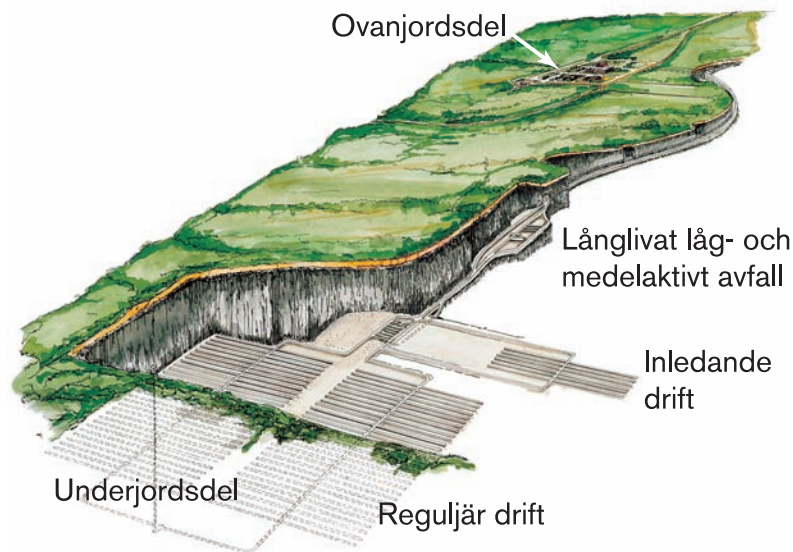
Djupförvarsprojektet omfattar såväl bergförlagda anläggningar som konventionella industrianläggningar i markplanet. Tre konkreta förslag till placering och utformning av anläggningarna på ytan har tagits fram. Förslagen har utarbetats med intentionen att de tekniska krav som ställs på anläggningarnas funktion ska kunna tillgodoses, samtidigt som etableringen i vid mening anpassas till de specifika förutsättningar som Tierps kommun ger vad gäller berggrund, infrastruktur, miljö och samhälle. Förslagen presenteras och diskuteras i kapitel 5.

2 Djupförvaret – anläggningar och verksamhet

I detta kapitel ges en generell teknisk beskrivning av de anläggningar som ska byggas och drivas vid djupförvaret. Vidare behandlas den planerade verksamheten och personalbehovet under driftskedet.

2.1 Allmänt

Figur 2-1 visar en skiss av det planerade djupförvaret, samt allmänna data om anläggningarna. Den centrala verksamheten vid anläggningarna blir att ta emot kapslar med använt kärnbränsle och att deponera dem i utvalda positioner i berget på cirka 500 meters djup, där de omges med bentonitlera. Kapseln och bentonitleran utgör, liksom berggrunden, skyddsbarriärer som ska isolera det radioaktiva avfallet från biosfären under mycket långa tidsrymder. En aktuell redovisning av de krav, principer och tekniska åtgärder som ligger till grund för förvarets funktion och säkerhet ges i SKB:s FUD-program 98 /1/.



Under jord

Områden för deponering av inkapslat bränsle och annat långlivat avfall, tunnlar och schakt för kommunikation och ventilation.

Djup: 400–700 m

Utrymmesbehov: 1–2 km²

Tunnlar: ca 15 km vid inledande drift
ca 45 km fullt utbyggt

Bergvolym: ca 0,5 milj m³ vid inledande drift
ca 1,3 milj m³ fullt utbyggt

Personalbehov: Ca 150 personer vid inledande drift, ca 220 personer vid full drift.

Kostnad: Totalt ca 13 miljarder kronor, varav ca hälften för bygge och inledande drift.

Ovan jord

Godsterminal, byggnader för hantering av transportbehållare, bentonit och återfyllnadsmaterial, nedfarter till anläggningar under jord, verkstäder, kontor, restaurang och besöksmottagning.

Utrymmesbehov: 0,1–0,3 km²

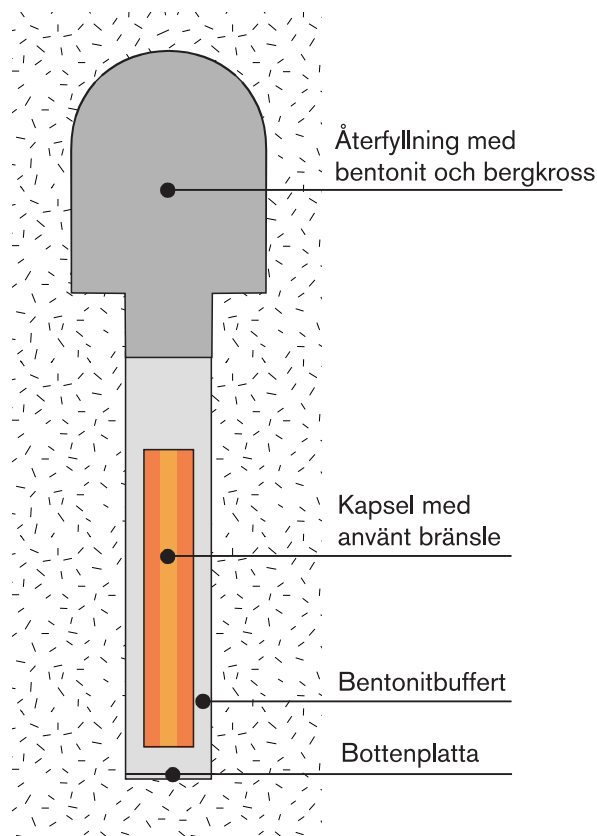
Byggnadsvolym: ca 100 000 m³

Figur 2-1. Djupförvaret.

Djupförvaret kan beskrivas som en större berganläggning, sammansatt av ett stort antal tunnlar samt ett mindre antal schakt och andra bergutrymmen. Huvuddelen av tunnlar är deponeringstunnlar, fördelade på ett mindre deponeringsområde för en inledande driftfas och ett antal större områden för den reguljära driften. Från tunnlar borrar vertikala hål i vilka kapslar deponeras på det sätt som visas i figur 2-2.

Förutom själva djupförvaret för använt kärnbränsle innefattar skissen i figur 2-1 även ett särskilt, mindre förvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Det gäller bland annat härdkomponenter samt avfall som uppkommer vid rivningen av kärnkraftverken, inkapslingsanläggningen och CLAB. Huvudalternativet är att detta förvar samlokaliseras med djupförvaret, exempelvis på det sätt som visas i figuren, och att deponeringen startar i samband med att djupförvaret övergår i reguljär drift. Detta har också antagits som en förutsättning för utredningsarbetet. Det är emellertid också möjligt att förvaret för annat avfall lokaliseras och utformas som en fristående anläggning.

Ovan jord finns industrianläggningar med byggnader för olika ändamål, transportvägar m m. De funktioner som ska inrymmas i anläggningarna beskrivs närmare i avsnitt 2.5.



Figur 2-2. Tunnel med deponeringshål, efter deponering och återfyllning.

Projektet kommer att genomföras i flera steg:

1. Platsundersökning.
2. Detaljundersökning och utbyggnad för inledande drift.
3. Inledande drift.
4. Kompletterande utbyggnad till reguljär drift.
5. Reguljär drift.
6. Avveckling.
7. Eventuell fortsatt verksamhet av annat slag på platsen.

Etableringen av djupförvaret kommer att föregås av omfattande geovetenskapliga undersökningar på minst två alternativa platser under cirka 5 år. När förläggningsplatsen bestämts och lokaliseringstillstånd erhållits startar en 5–6 år lång utbyggnadsfas. Under denna period byggs anläggningarna ovan jord, liksom gemensamma utrymmen under jord, och ett första deponeringsområde. Samtidigt byggs väganslutningar och eventuellt järnvägsanslutning. Beroende på lokalisering kan det behövas utbyggnader i större eller mindre omfattning i någon befintlig hamn, alternativt anläggs en egen mindre hamn för djupförvarets behov. Transportbehov och möjliga transportlösningar behandlas i kapitel 3.

De avfallsmängder som planeras hanteras och deponeras i olika driftskeden framgår av tabell 2-1. Det första driftskedet är en inledande provdrift under cirka 5 år. Under denna period deponeras cirka 400 kapslar med använt kärnbränsle. Det motsvarar ungefär 10% av det totala antalet kapslar som det svenska kärnenergiprogrammet beräknas generera.

Den inledande driftperioden följs av en noggrann utvärdering. Möjligheter finns att återta de deponerade kapslarna om man av någon anledning skulle finna detta nödvändigt /2/. Är utvärderingen positiv börjar den reguljära driften som kommer att pågå 20–30 år. Under denna period skall cirka 3 600 kapslar med använt bränsle deponeras. Utrymmen för deponeringen tillreds successivt.

I sin helhet omfattar djupförvarets utbyggnad och drift en tidsperiod på åtminstone 40 år. Sedan alla kärnkraftverk rivits och allt använt bränsle, hårdkomponenter och annat avfall deponerats kan verksamheten avvecklas och djupförvaret tillslutas. Anläggningarna ovan jord kan rivas och området återställas. Alternativt kan hela eller delar av anläggningarna nyttjas för andra ändamål. Beslut om att tillsluta förvaret och avveckla verksamheten måste tas av den generation som då är verksam.

Tabell 2-1. Uppskattade avfallsmängder som ska transporteras till djupförvaret och deponeras, totalt och per år.

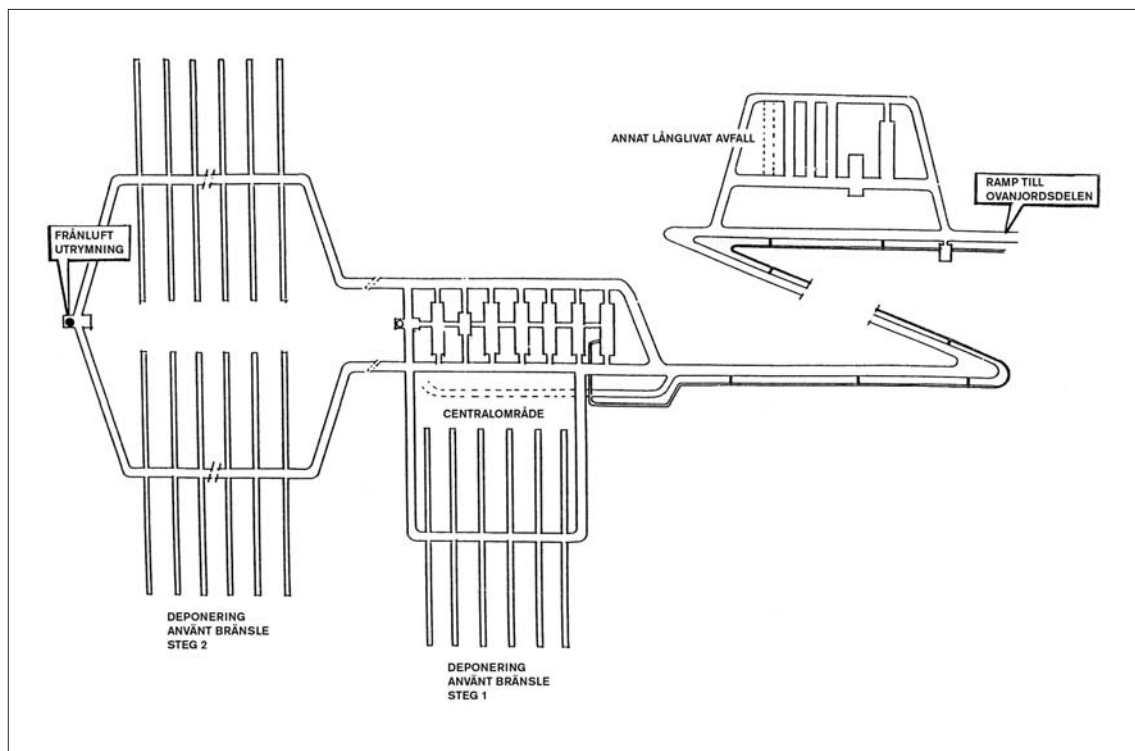
Avfallsprodukt	Totalt (st)	Per år (st)	Volym (m ³) i djupförvaret
Kopparkapslar med använt bränsle			
- inledande drift	400	100	1 650
- reguljär drift	3 600	180	14 800
Kollin med övrigt långlivat avfall (reguljär drift)	3 400	170	25 000

2.2 Anläggningar under jord

Figur 2-3 visar schematiskt djupförvarets olika bergförlagda anläggningsdelar. De utgörs av:

- Nerfarter och schakt,
- Ett centralområde med omlastningshall för transportbehållare, verkstäder, personalutrymmen m m,
- Förbindelsetunnlar för transporter och annan kommunikation,
- Deponeringsområden för kapslar och ett särskilt, mindre område för deponering av annat avfall.

I centralområdet finns ett antal konventionellt utformade bergrum av varierande storlek. Deponeringsområdena för inkapslat bränsle består av horisontella tunnelgallerier med parallella tunnlar. Det särskilda området för annat avfall består av större förvaringsrum. Totalt upptar deponeringsområdena en uppskattad yta på 1–2 kvadratkilometer. Deponeringsområdenas och tunnarnas inbördes lägen väljs utifrån platsens specifika förutsättningar.



Figur 2-3. Djupförvarets berganläggningar.

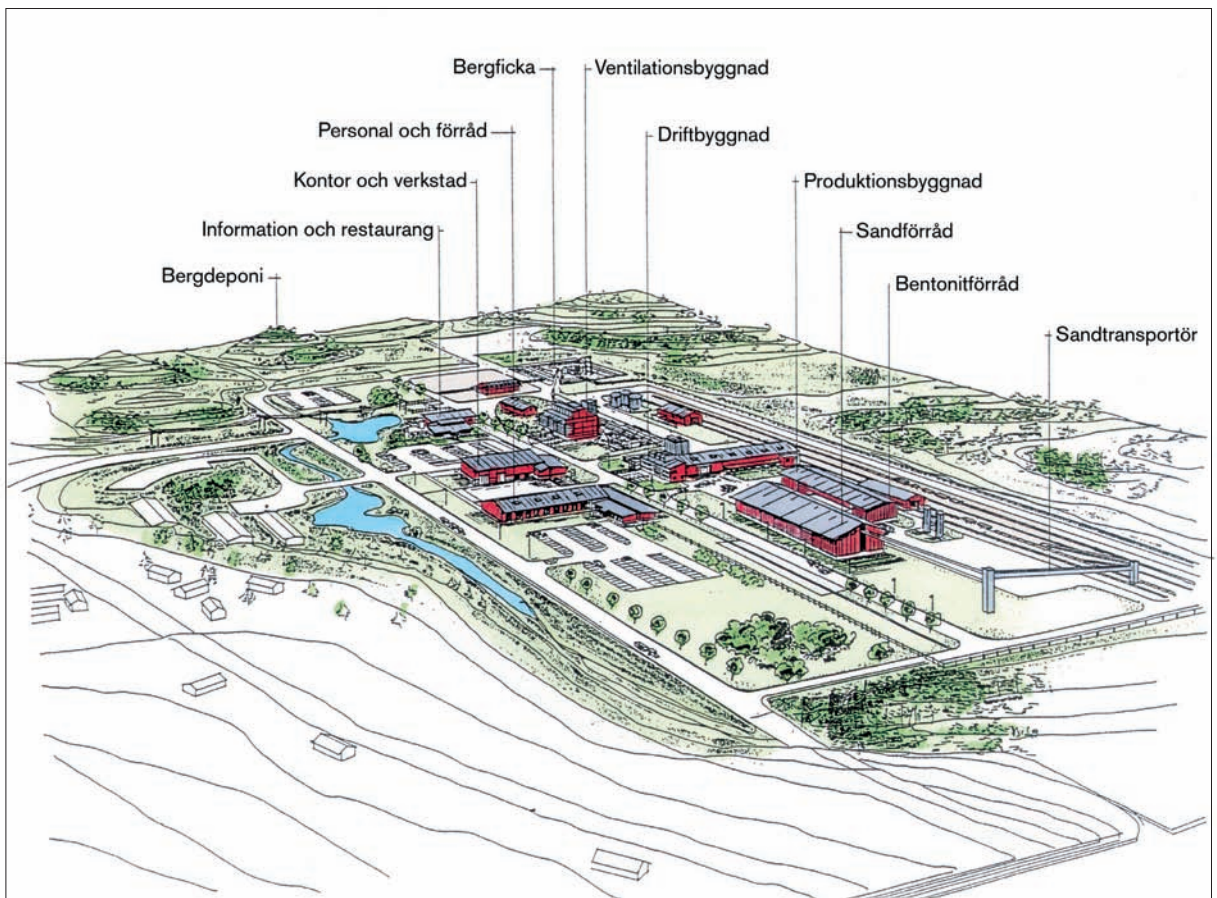
2.3 Anläggningar ovan jord

Anläggningarna ovan jord kan vad gäller storlek och utformning liknas vid en medelstor industri av konventionellt slag. Utrymmesbehovet är 15–20 hektar. Goda möjligheter finns att anpassa utformningen till lokala förutsättningar. Figur 2-4 visar schematiskt vilka huvuddelar som anläggningarna består av och hur dessa kan disponeras.

Det övergripande planeringsarbetet för djupförvaret har lett fram till behov av ett antal funktioner som fördelats på ett antal byggnader, inbördes grupperade med hänsyn till eftersträvd samfunktion. De funktioner som ska inrymmas i anläggningarna beskrivs närmare i avsnitt 2.5.

Följande byggnader och gårdsytor erfordras:

- kontor,
- personallokaler/matsal,
- informationslokaler,
- verkstäder/förråd/garage,
- driftbyggnad,
- ventilationsbyggnad,
- produktionsbyggnad/lager – buffert- och återfyllnadsmaterial,



Figur 2-4. Djupförvarets anläggningar ovan jord.

- bergkrossanläggning/lager,
- bergdeponi,
- uppställningsytor,
- körvägar,
- parkeringsplatser,
- bangård (om järnvägsanslutning byggs till platsen).

Det finns en rad tekniska och administrativa motiv för att dela upp verksamheten på ett flertal byggnader. De viktigaste är följande:

- respektive byggnad kan renodlas för sin funktion,
- enklare tekniska lösningar,
- större flexibilitet för om- och utbyggnad,
- större frihet att välja optimal lösning för respektive funktion,
- enklare upphandling,
- minskat behov av detaljsamordning,
- vissa investeringar kan läggas sent i projektet,
- projektets styrbarhet ökar,
- möjligheter till alternativ användning av allmängiltigt utformade byggnader.

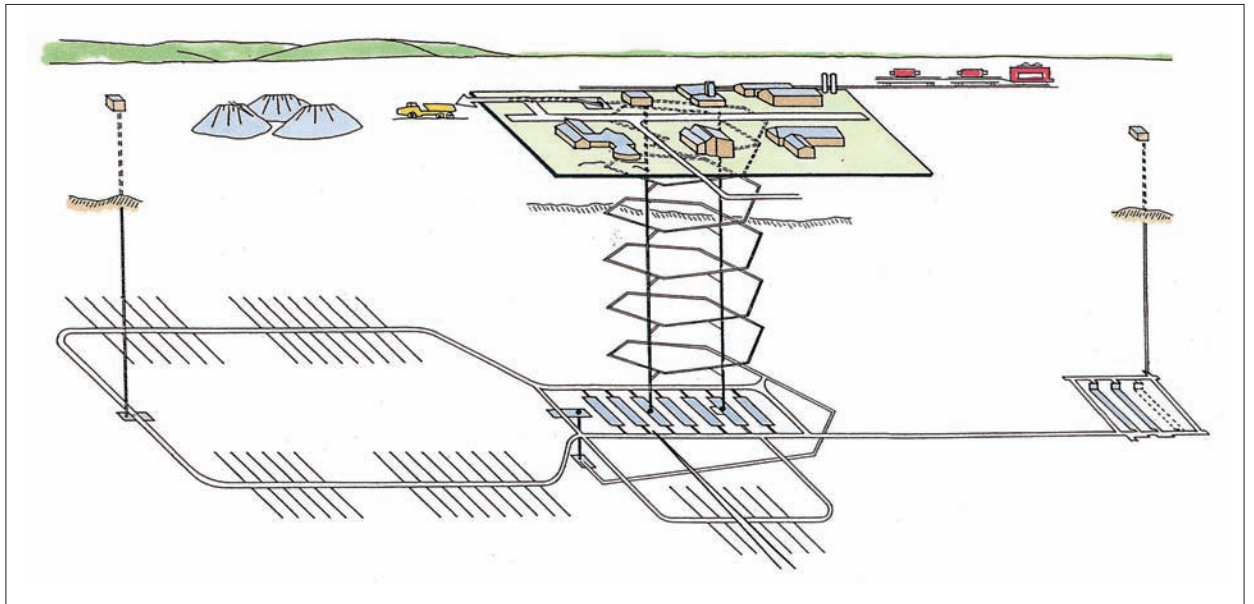
Byggnaderna kan i betydande utsträckning anpassas till lokal topografi, landskapstyp och bebyggelse, under förutsättning att erforderliga funktionella samband bibehålles. Det är samtidigt möjligt att undvika stora byggnader som lätt kan upplevas som störande, framför allt i kustlägen och flackt landskap.

2.4 Alternativa utformningar

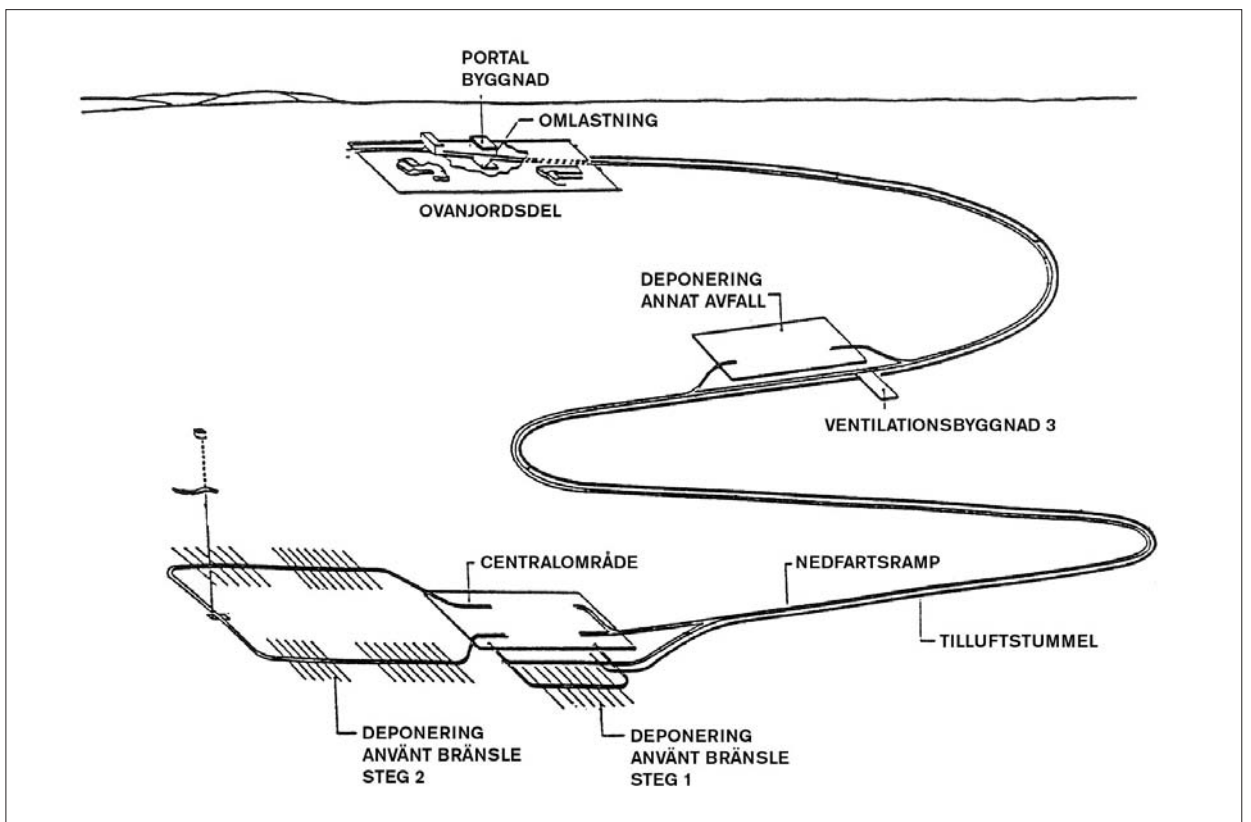
Var djupförvarets berganläggningar förläggs och hur de utformas bestäms till stor del av bergförhållanden. Anläggningarna på ytan kan däremot placeras och utformas med utgångspunkt från faktorer som marktillgång, bebyggelse, naturskyddsintressen, topografi, befintlig industri- och infrastruktur m m. Det finns goda möjligheter att anpassa anläggningarna så att såväl kravet på lämplig berggrund som andra önskemål kan tillgodoses /3, 4, 5/. Figurerna 2-5, 2-6 och 2-7 illustrerar olika möjligheter att anpassa utformningen i stort.

2.4.1 Driftområdet ovanför förvarets centralområde

Figur 2-5 visar en utformning där alla anläggningar på mark samlas inom ett driftområde, beläget rakt ovanför förvarets centraldel. En lutande tunnel (ramp) används för alla tunga transporter (behållare, bergmassor, buffert- och återfyllnadsmaterial) mellan driftområdet och förvarsnivån. Rampens dimensioner och lutning måste anpassas till transportbehoven. Vid ett djup på 500 meter till förvarsnivån innebär det att rampen



Figur 2-5. Utformning där driftområdet förläggs ovanför förvarets centraldel. Kommunikation via spiralformad ramp och schakt.



Figur 2-6. Utformning med sidoförskjutning mellan driftområde och förvar. Schakt används för ventilation och utrymning.

måste göras minst cirka 3,5 kilometer lång. Någon form av spiralformad sträckning är därför lämplig.

Ett hissförsett schakt nyttjas för snabba persontransporter mellan driftområdet och förvaret, samt för serviceändamål. Andra schakt används för att försörja anläggningarna med ventilationsluft etc.

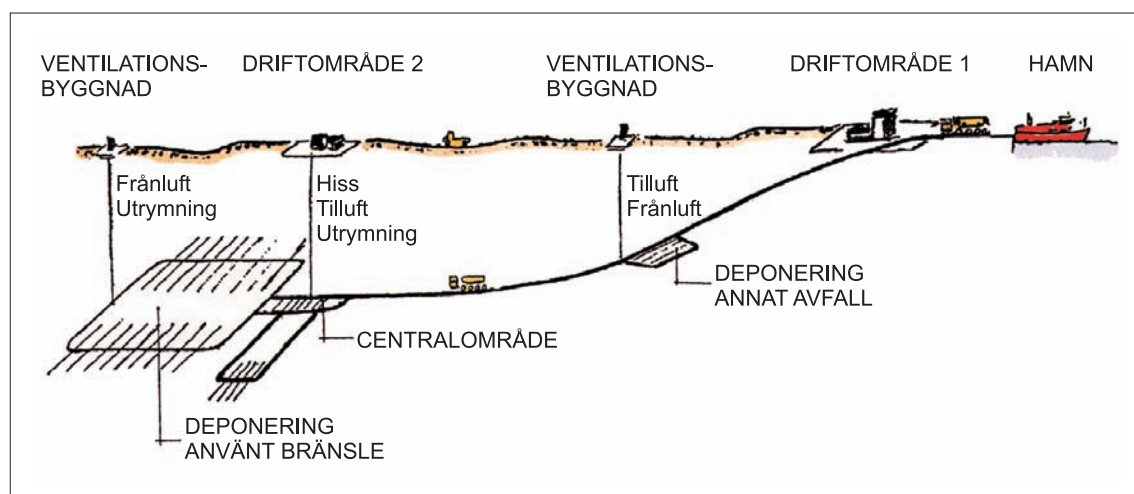
2.4.2 Driftområdet sidoförskjutet i förhållande till förvaret

Figurerna 2-6 och 2-7 visar schematiskt utformningar där driftområdet placeras mer eller mindre sidoförskjutet relativt förvaret. I det alternativ som visas i figur 2-6 sker alla transporter och all teknisk försörjning via en ramp. Schakt används endast för ventilation (frånluft från förvarsområdet) och som extra utrymningsväg. Här finns inga styrande samband mellan driftområdet ovan jord och förvarsområdet, och sidoförskjutningen kan uppgå till flera kilometer.

Om förvaret av något skäl skulle behöva placeras under havsbotten bortfaller sannolikt möjligheten att anlägga schakt för ventilation och utrymning. Lösningen skulle i så fall vara att i stället bygga två, eller möjligen tre, åtskilda ramper ner till förvaret. En sådan utformning medför dock betydande nackdelar ur såväl bygg- och driftsynpunkt /6/.

2.4.3 Två driftområden

Det finns fördelar med att dela upp verksamheten ovan jord på två driftområden på det sätt som visas i figur 2-7. Rampen kan då ansluta till det ena driftområdet som förläggas till en plats som passar för den industribetonade delen av verksamheten med godsmottagning, tillverkning av buffertmaterial, bergupplag m m. Det andra driftområdet placeras rakt ovanför förvaret för att möjliggöra kommunikation via schakt, och innefattar kontor, besöksmottagning, restaurang m m.



Figur 2-7. Utformning med två driftområden. Det ena ligger sidoförskjutet, det andra ovanför förvarets centralområde. Kommunikation via ramp och schakt.

2.5 Verksamheten vid drift

2.5.1 Översikt

Som nämnts kommer verksamheten vid djupförvaret att genomgå flera skeden, alltifrån utbyggnad till förslutning och avveckling. I det följande beskrivs verksamheten under den 20–30 år långa period under vilken den reguljära driften av djupförvaret pågår.

Driftverksamheten kommer att ha stora inslag av teknik från gruvidrift och transportindustri, och ett mindre inslag av tillverkningsindustri. Liksom vid många andra industrier kommer en betydande del av personalen att svara för administration och service som stöd för den egentliga produktionen.

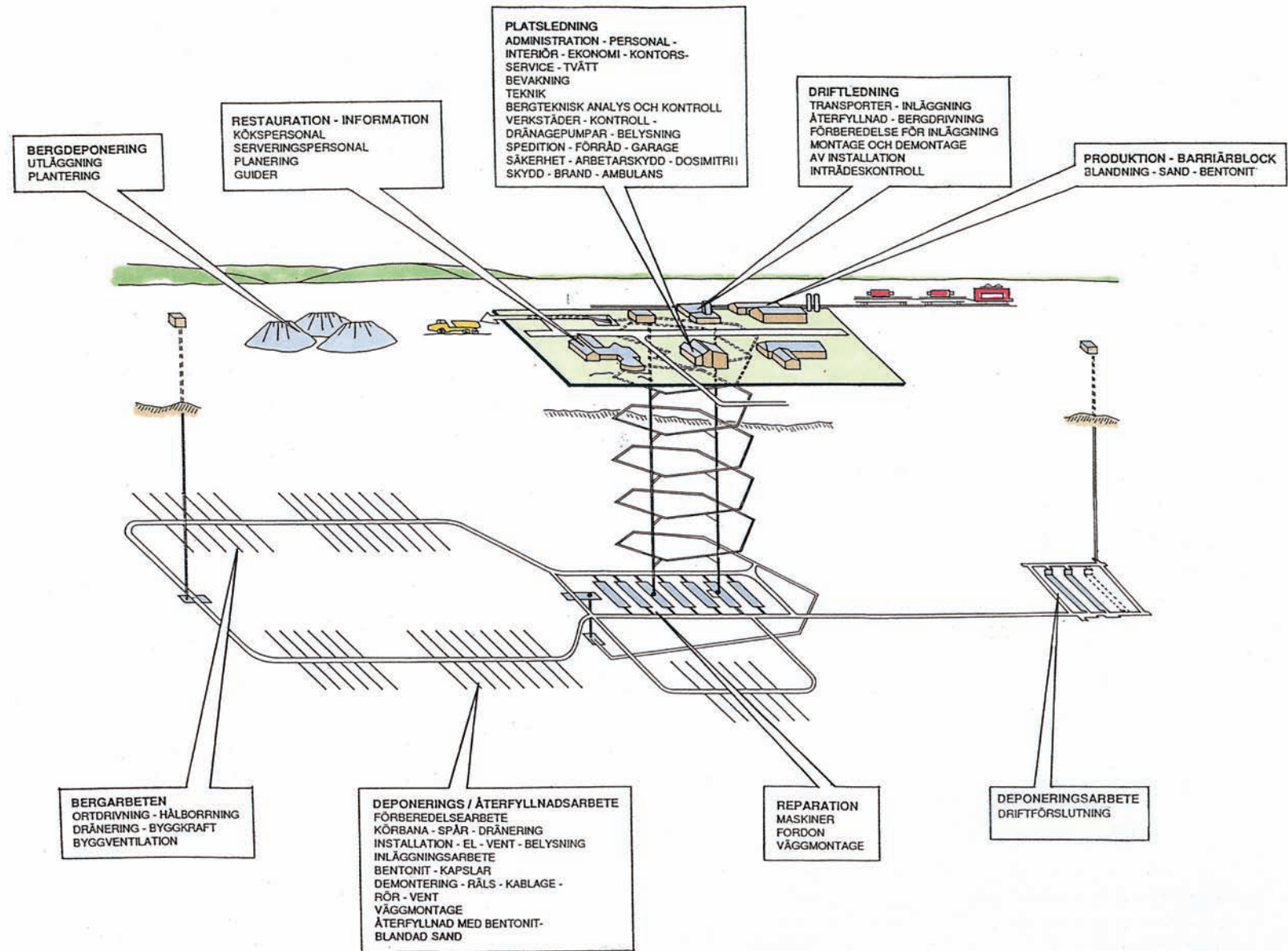
Figur 2-8 ger en översikt över de verksamheter som ska finnas och fungera i olika delar av djupförvarets anläggningar. Huvuduppgiften är att ta emot och deponera såväl kapslar med använt kärnbränsle som övrigt långlivat avfall. Samtidigt ska nya deponeringstunnlar skapas. I takt med deponeringen ska servicesystem monteras. Dessutom ska bentonitblock tillverkas, för att användas som barriärmaterial runt bränslekapslarna. Arbetet ska genomföras under noggrann kontroll.

Driften planeras att pågå året runt med avbrott för helger och semestrar. Deponering av avfall förutsätts ske på dagtid. Vissa förberedelsearbeten och återfyllnad av deponeringstunnlar kan eventuellt behöva genomföras med två skift. Anläggningen behöver inte genomgå årliga revisioner av det slag som tillämpas för kärnkraftverken. Däremot kan reparationsarbeten behöva utföras utanför ordinarie arbetstid.

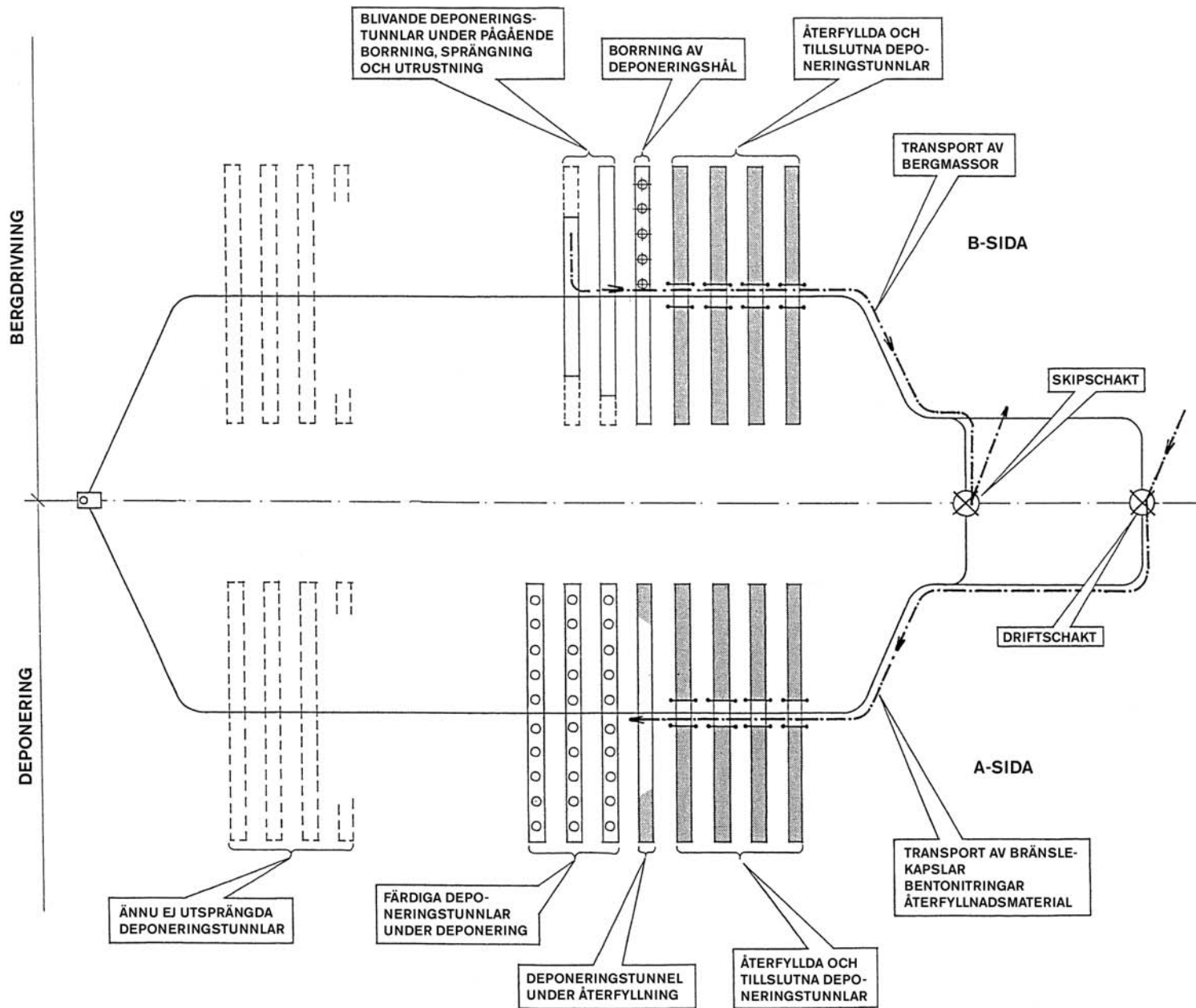
Deponeringsområden kommer att byggas ut successivt ut i den takt de behövs för deponeringen. Det är angeläget att planera förvaret så att deponeringsverksamheten kan hållas skild från tunneldrivning och hållborrning. Principskissen i Figur 2-9 visar hur transporttunnlar och deponeringsområden kan arrangeras så att transporterna av avfall respektive bergmassor inte behöver korsa varandra.

De olika verksamheterna, som i huvudsak pågår parallellt i anläggningen, kan grupperas i följande delfunktioner:

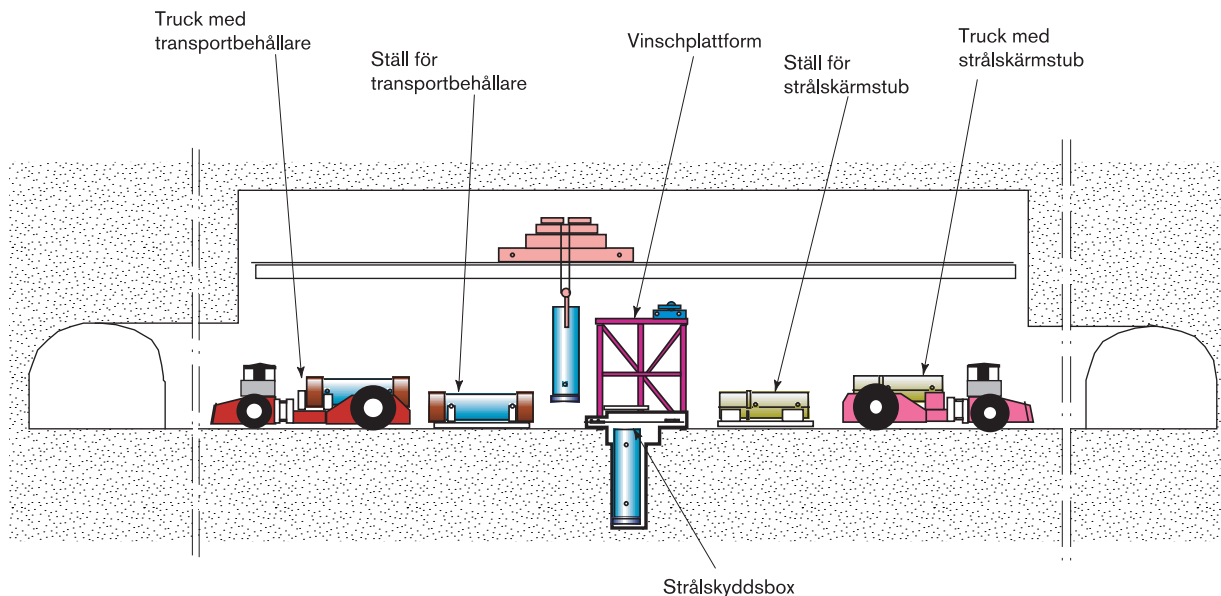
- interna transporter och deponering av avfall,
- utsprängning och iordningställande av deponeringstunnlar,
- återfyllnad,
- kontroll och dokumentation,
- tillverkning av bentonitblock samt beredning av återfyllnadsmassor,
- drift och underhåll av servicesystem,
- underhåll och reparation av fordon, maskiner och lyftanordningar,
- information,
- administration, bevakning.



Figur 2-8. Verksamheter vid djupförvarets anläggningar.



Figur 2-9. Verksambeter i deponeringsområden. Tillredningsarbeten och deponeringsarbeten pågår samtidigt, men i olika områden.



Figur 2-10. Omlastning av en transportbehållare i förvarets centraldel.

2.5.2 Interna transporter och deponering av avfall

Inkapslat bränsle

Transportbehållare innehållande en bränslekapsel lyfts av järnvägsvagnen eller lastfordonet med hjälp av en travers och ställs upp i ett mellanlager. Mellanlagret dimensioneras för 10 transportbehållare, vilket motsvarar en fartygslast. Växelvis lastas tomma transportbehållare på järnvägsvagnen för returtransport till inkapslingsanläggningen.

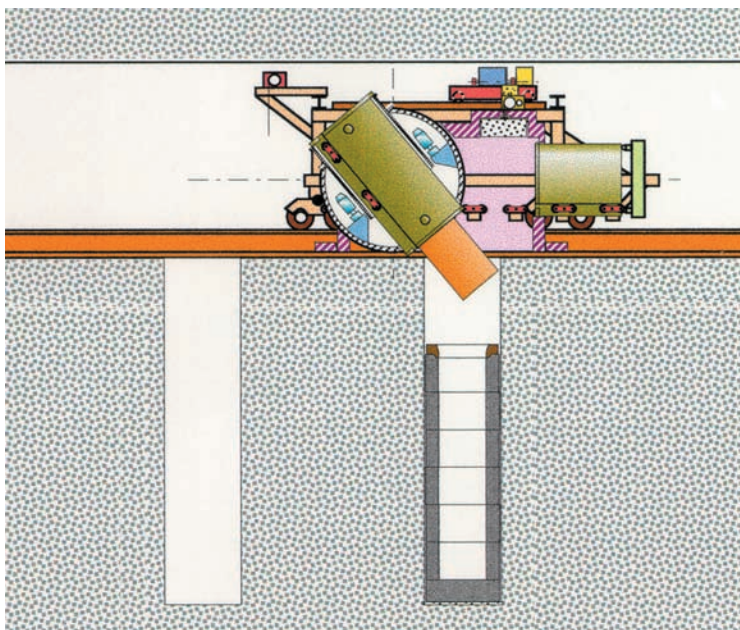
En transportbehållare i taget lastas på ett speciellt utformat fordon för nedtransport till centralområdet på förvarsnivån. Där sker omlastning till ytterligare ett fordon med uppgift att förflytta bränslekapseln fram till aktuell deponeringstunnel. Omlastningen illustreras i figur 2-10. Först öppnas transportbehållaren, varefter bränslekapseln överförs till ett särskilt strålskydd. Den tomma transportbehållaren försluts och transporteras upp till markplanet, där den tillfälligt placeras i mellanlagret med hjälp av travers. Omlastningen, som genomförs strålskyddat, motiveras av att transportfordonet på förvarsnivån måste vara anpassat till den deponeringsmaskin som arbetar i deponeringstunneln /7/.

Bränslekapseln med omgivande strålskydd förflyttas därefter från omlastningsrummet i centraldelen fram till den aktuella deponeringstunneln. Där sker omlastning till en särskild deponeringsmaskin med uppgift att dels förflytta kapseln fram till aktuellt deponeringshål och dels sätta ned kapseln på plats, se figur 2-11.

Deponeringen av kapseln föregås av att ett antal ringformade bentonitblock placeras i hålet. Blocken transporteras från tillverkning och eventuellt tillfällig lagring i markplanet direkt till deponeringstunnels mynning med särskilt fordon, där omlastning och inplacering i deponeringshålet sker.

Efter det att bränslekapseln ställts på plats fylls återstoden av deponeringshålet upp med cirkulära bentonitlock. Därmed är proceduren avslutad och nästa deponering tar vid. Deponeringstakten planeras att vara en bränslekapsel per arbetsdag.

När deponeringen avslutats i en tunnel vidtar återfyllning. Återfyllnadsmaterialet blir sannolikt en blandning av bergkross och bentonit. Tillredningen av materialet planeras



Figur 2-11. Deponering av bränslekapsel.

äga rum i en särskild hall i markplanet. Transporten sker i containrar lastade på anpassade truckar. När en deponeringstunnel återfyllts försluts mynningen mot den anslutande transporttunneln.

Annat långlivat avfall

Mottagning och nedtransport av behållare med annat långlivat avfall sker på samma sätt som för behållare med inkapslat bränsle. Deponeringen blir däremot annorlunda /8/. Transportbehållaren förs till lossningsplatsen i den särskilda anläggningsdelen för denna typ av avfall. Där öppnas den, och avfallskollit ifråga lyfts in på plats i det i förväg inbyggda bergrummet. All hantering sker med hjälp av fjärrstyrda lyftanordningar från ett särskilt strålskyddat kontrollrum.

2.5.3 Utspärning - iordningställande

Som tidigare nämnts sker utbyggnaden av förvaret med nya deponeringstunnlar parallellt med deponeringen. Utbyggnaden är konventionellt berg- och installationsarbete med inslag av förstärkningsåtgärder. Därutöver ingår montage och återmontage av service-system i form av rälsbanor, belysning, ventilation, elkraftmatning, dränering och dylikt.

Deponeringstunnlarna kan drivas antingen med traditionell borrhning, sprängning och utlastning eller med så kallad fullortsborrhning. Skillnaden består i huvudsak av att den traditionella arbetsmetoden med borrhning, sprängning, utlastning innehåller flera arbetsmoment i förhållande till fullortsborrhningen, där endast borrhning och utlastning erfordras. Behovet av efterföljande förstärkningsåtgärder är i regel mindre i det senare alternativet. Valet av drivningsmetod kommer att göras i ett senare skede. De frigjorda bergmassorna transporteras upp till markytan där en del lagras i avvaktan på återanvändning som återfyllnadsmaterial. Återstoden säljs eller deponeras lokalt.

I samband med att deponeringstunnlar byggs installeras ventilation, kraftmatning och belysning. När tunneln är färdigställd i hela sin längd vidtar borring av deponeringshålen. Efter kontroll av tunnel och deponeringshål vidtar ett skede med deponering och återfyllning, se avsnitt 2.5.2.

2.5.4 Kontroll och dokumentation

Under arbetets gång ska kontroller av olika slag genomföras fortlöpande. Kontrollerna avser såväl tunnelsystemet som varje enskilt deponeringshål och kommer att genomföras såväl visuellt som med hjälp av uttagna borrhärnor. Varje deponeringshål ska godkännas innan deponering får ske.

Till arbetsområdet hör också att bokföra deponeringen av varje enskilt kolli med avseende på identitet, typ, innehåll, strålningsnivå m m och var kollit ifråga placerats i förvaret.

2.5.5 Tillverkning av bentonitblock och återfyllnadsmaterial

Bentoniten pressas i en särskild anläggning till hanterbara block, med dimensioner sådana att de passar i deponeringshålen. Anläggningen installeras i en separat byggnad i markplanet i nära anslutning till tunnelnedfarten. Produktionen kan där drivas tämligen separerad från övrig verksamhet. Höga kvalitetskrav ställs på bentonitblocken vad gäller bland annat homogenitet, densitet och fukthalt. Tillverkning och efterföljande hantering måste därför ske under noggrann kontroll.

Tillredningen av återfyllnadsmassor sker i en särskild hall, där bergmassor som krossats och siktats blandas med bentonit. Även här måste sammansättning och homogenitet hos materialet kontrolleras noga.

2.5.6 Drift och underhåll av servicesystem

En rad tekniska system i anläggningen ska drivas, underhållas och vid behov repareras. Det gäller system för ventilation, bergdränage, belysning och kraftmatning. Alla tunga fordon ska vara eldrivna, vilket kräver ett särskilt kraftmatningssystem som torde vara speciellt servicekrävande. Arbetsområdet omfattar alla system såväl över som under jord.

2.5.7 Underhåll av byggnader, markanläggningar och bergrum

Alla byggnader kräver fortlöpande tillsyn och underhåll. Markområden, parkeringsplatser, vägar och bangård med inhägnad skall skötas. Bergutrymmen skall återkommande besiktigas och vid behov åtgärdas. Eventuell bergdeponi skall läggas upp på ett ur miljösynpunkt godtagbart sätt.

2.5.8 Underhåll och reparation av lyftanordningar, fordon och maskiner

Fordon och hanteringsutrustningar ska servas, besiktigas och eventuellt repareras efter i förväg planerade rutiner. För vissa tunga och skrymmande maskiner kommer dessa arbeten att genomföras under jord.

2.5.9 Information

Informations- och besöksverksamheten bedöms bli omfattande och relativt personalkrävande. Särskilda lokaler kommer att finnas för information till olika besöksgrupper. Dessutom kommer besökarna att beredas tillfälle till rundvandringar i anläggningarna, såväl ovan- som under jord.

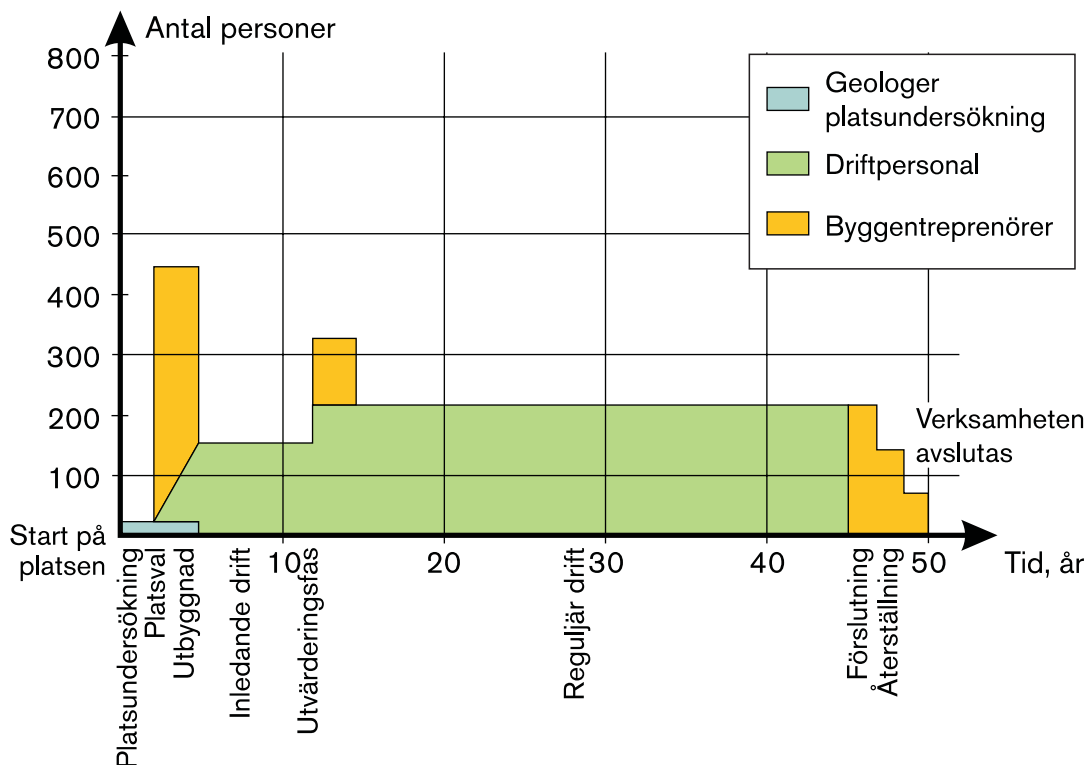
2.5.10 Administration, bevakning

Verksamheten beräknas sysselsätta cirka 200 personer. Lämpliga anställningsformer har inte fastställts. Under alla omständigheter krävs en administration av verksamheten av traditionell omfattning. Viss bevakning kommer att krävas när anläggningarna är i drift. Dit hör också att fortlöpande hålla reda på vilka som befinner sig under jord. Bevakningen av området förutsätts pågå dygnet runt.

2.6 Personalbehov

Med utgångspunkt från den övergripande planeringen för djupförvarsprojektet har uppskattningar gjorts av personalbehovet i olika skeden. Figur 2-12 visar schematiskt personalbehovet över tiden, uppdelat på några huvudkategorier.

Personalbehovet beror i viss mån på var djupförvaret lokaliseras. Det gäller framförallt utbyggnadsskedet, då arbetskraftsbehovet är som störst. En lokalisering där befintlig infrastruktur kan nyttjas i stor utsträckning minskar resursbehovet under denna period. Exemplet i figuren förutsätter en lokalisering där djupförvaret med alla kringaktiviteter byggs upp från grunden, men där inga omfattande utbyggnader av transportleder krävs. Under driftskedet kan en samlokalisering med annan industriverksamhet ge vissa samordningsvinster, men effekterna på personalbehovet är ganska marginella.



Figur 2-12. Schematisk bild av personalbehovet vid djupförvaret i olika skeden.

2.6.1 Platsundersökningar

Platsundersökningen beräknas pågå under cirka 5 år. Geologiska undersökningar och borrhningsarbeten svarar för merparten av arbetet under denna tid. Viss vägbyggnad och andra entreprenadarbeten tillkommer, men omfattningen är begränsad. I genomsnitt sysselsätts 10–20 personer på plats med dessa verksamheter.

2.6.2 Utbyggnad

När beslut om djupförvarets lokalisering och utbyggnad fattats startar en intensiv byggperiod som pågår under 5–6 år. Som mest kommer uppskattningsvis 500 personer att sysselsättas med dels etableringen av djupförvaret och industrianläggningarna, dels uppbyggnaden infrastruktur i form av vägar, eventuellt också järnväg och hamnanläggningar. Under denna period görs alla markarbeten för industriområdet med tillhörande försörjningssystem. Anslutande vägar byggs liksom alla byggnader inom industriområdet. Parallellt byggs ramp, tunnlar, schakt och alla övriga bergutrymmen som utgör förvarets centraldel. Ett deponeringsområde för den inledande driften tillreds.

Under denna tid pågår också transporter av byggnadsmaterial, maskiner och utrustning till platsen, samtidigt som bergmassor transporteras bort och/eller läggs på upplag. I den aktuella hamnen byggs lossningsutrustningar och mottagningsanläggningar för bentonit och eventuellt sand. En terminal anläggs för mottagning av behållare med avfall, för omlastning och vidare transport på väg eller järnväg.

Bergarbetare och byggnadsarbetare av alla slag utgör en stor del av arbetsstyrkan under byggskedet. Detsamma gäller maskinförare och annan personal från transportsektorn. Liksom för alla stora anläggningsprojekt blir också inslagen av tekniker, ekonomer och administratörer betydande.

2.6.3 Drift

När anläggningarna är färdiga och drifttillstånd erhållits påbörjas den inledande driften. Den pågår under en femårsperiod och sysselsätter cirka 150 personer.

Förutsatt att beslut fattas om att starta reguljär drift följer en 20–30 år lång period under vilken driften av anläggningen pågår parallellt med utbyggnad av deponeringsområden. Personalstyrkan uppgår under denna period till cirka 220 personer.

Under driftskedena är arbetsuppgifterna mångfaldiga, alltifrån vakthållning och guidning av besökare till bergsprängning och geologiska undersökningar. Tabell 2-2 visar en översikt över de arbetsfunktioner som behövs, men den slutliga personalsammansättningen kan bestämmas först när rekryteringen inleds. Vidare bygger tabellen på teknik och arbetsformer som finns tillgängliga idag.

En uppskattning av driftpersonalens utbildningsnivå visar följande:

Grundskola eller gymnasium	40% av arbetsstyrkan
Yrkesutbildning	45% “ “
Akademisk utbildning	15% “ “

Personer med yrkesutbildningar av olika slag utgör alltså den största gruppen, men en betydande del av arbetena ska också kunna skötas av personal med enbart grundläggande skolutbildning. Många arbetsuppgifter ska kunna skötas av personer med rörelsehandikapp.

Tabell 2-2. Arbetsuppgifter under djupförvarets driftskede.

Funktion	Verksamhet
Drift	
Driftledning	Arbetsplanering, beredning, samordning, ledning, avfallsdokumentation, tillträdeskontroll, strålskydd, dosimetri, kontrollrumsfunktion
Bergarbeten	Drivning, förstärkning, bergtransporter, bergbyggnad, borrhning – deponeringshål – provhål/kärnborrhning
Deponering	Förberedelsearbeten i deponeringstunnlar, kontroll av bergarbeten, deponeringsarbeten, återfyllnad
Hamn	Drift och förvaltning, lossning/lastning/underhåll
Väg/järnväg	Transporter, övervakning
Transporter vid djupförvar	Lossning och mellanlagring av transportbehållare, bentonit, ev sand Avfallskapslar från mellanlager ovan jord till förvar för övrigt avfall Bentonitblock från fabrik till deponeringstunnlar Återfyllnadsmaterial från beredningsanläggning till deponeringstunnlar Byggnadsmaterial, maskindelar, förbrukningsmaterial m m
Beredning av återfyllnadsmtrl	Tillverkning av bentonitblock för deponeringshål och återfyllnadsmaterial för deponeringstunnlar Förrådshållning – sand, bentonit och färdigtillverkade bentonitblock
Service	Förebyggande underhåll, reparation – installationer och maskiner
Bergdeponering	Uppläggning av bergmassor, ev krossning, återplantering
Teknik/underhåll	
Anläggningsdokumentation	Byggnader, system, maskiner, komponenter
Systemteknik	Konstruktion: mek, el, hydraulik, pneumatik, elektronik för system, utrustning och maskiner
Verkstäder	Kvalificerade mekarbeten för stålkonstruktioner, svets och smide, el och elektronik
Förråd	Spedition, mottagningskontroll, intern distribution, förrådshållning
Montage	Montage i egen regi, montagekontroll, provdrift av entreprenörsarbeten
Underhåll	Hissar, spel, traverser, byggnader, tunnlar m m
Bergundersökningar	
Bergdokum	Geo-data, CAD-dokumentation
Geologi	Kartering, utvärdering
Bergmekanik	Dokumentation, hållfasthetsmätningar, beräkningar, utvärdering
Hydrologi	Mätningar flöden, kemisk sammansättning, provtagning
Kemi	Provtagning kemiska analyser, utvärdering
Geofysik	Mätning, utvärdering
Gruvmätning	Gruvmätning, inmätning borrhål, karthållning
Borrkärnor	Borrhning, borrkärneförvaring, provberedning
Geoinstrument	Instrumentservice, förvaring
Administration	
Personal	Löner, utbildning, personalvård, hälsovård
Ekonomi	Budget, uppföljning, redovisning, fakturering, kassa
Information	Utställning, besöksplanering, guidning, lokala och internationella kontakter
Inköp	Varor, tjänster
Kontorsservice	Vaktmästeri, växel, ADB-service, arkiv, bibliotek, kontorsmaterial, möbler
Bevakning	Behörighetskontroll, områdesskydd, räddningstjänst, brandskydd
Fastighetsserv	Städning, vägunderhåll, snöröjning, servicetransporter, sophantering, fastighetsunderhåll
Matsservering	För egen personal, entreprenörer, besökare

2.7 Arbetsmiljö och skydd

2.7.1 Utbyggnad

Arbetsmiljön när anläggningarna ovan jord byggs kommer att bli den gängse för större byggarbetsplatser. Bergarbetena för underjordsdelen kan arbetsmässigt jämföras med tillredningsfasen i en gruva. Anläggningsarbete under jord medför erfarenhetsmässigt större risker för arbetsskador än vad många andra industrimiljöer uppvisar. Mycket kan göras - och har under senare år gjorts - för att nedbringa dessa risker. Teknikförbättringar, strikta säkerhetsrutiner och en god erfarenhetsåterföring är viktiga komponenter i skyddsarbetet.

2.7.2 Drift

Allmänt

Driftsmiljön vid djupförvaret kommer att innefatta allt från sedvanlig kontors- och verkstadsmiljö vid anläggningarna ovan jord, till tunnelmiljö i utrymmen under jord. I många avseenden kommer arbetsmiljön att likna den vid de nuvarande avfallsanläggningarna (CLAB och SFR).

Berganläggningarna består till allra största delen av oinklädda tunnlar och bergrum. Inbyggnader kommer dock att finnas på platser där det ställs särskilt höga krav på god miljö för personal, elektronik, elutrustning och vissa maskiner. Det gäller bland annat centralområdet. De lokaliteter som skall fungera som permanenta arbetsplatser och replipunkter utformas på ett sätt som i någon mån eliminerar känslan av att befinna sig under jord. SFR i Forsmark kan här tjäna som exempel på hur djupförvarets centraldel kommer att gestalta sig.

Deponeringsarbete och geologisk kontroll av tunnlar och deponeringshål är arbeten som kommer att utföras i tunnelmiljö. De fortlöpande bergarbetena, inklusive hjälpsystemmontage, kommer vad beträffar arbetsmiljö inte att skilja sig från utbyggnadsskedet.

För att få en god arbetsmiljö i berganläggningar ställs särskilda krav på bland annat hantering av inläckande grundvatten, ventilation och belysning. Inläckande vatten kommer ledas bort via öppna eller slutna ledningar längs tunnelväggarna, samlas upp i lågpunkter och pumpas upp från anläggningen för rening. Omfattande ventilation kommer krävas för att undvika problem med spränggaser, dieselsavgaser och eventuellt radon (se avsnitt 4.5). Klimatet i tunnarna förväntas bli relativt fuktigt, med en temperatur på 10–15 grader. Tunnelsystemet kommer att förses med allmänbelysning avpassad för i första hand fordonstrafiken. Hög belysningsstandard kommer att arrangeras i centralområdet och övriga områden där personal vistas mer eller mindre permanent.

Strålskydd

Ur strålskyddssynpunkt kommer arbetsmiljön att utformas enligt de regler och principer som gäller för kärntekniska anläggningar. Det innebär att alla stråldoser till personalen ska hållas under gällande gränsvärden, samt att doserna därutöver ska hållas så låga som det är praktiskt möjligt och rimligt, med hänsyn till det arbete som ska utföras. Dessa krav kommer att stå i fokus vid konstruktionen av djupförvarets alla anläggningar, utrustningar och maskiner.

Utbildning av personalen är en annan nyckelkomponent i strålskyddsarbetet. Erfarenhet från till exempel SFR kan här vara värdefull. Även personalkategorier som inte direkt

arbetar med hantering och deponering av avfallet ska ges grundläggande utbildning. En allmän förståelse för de krav och principer som tillämpas vad gäller säkerhet och strålskydd bidrar både till arbetstillfredsställelse och till minskad risk att någon åtgärd vidtas som på något sätt motverkar dessa syften.

Allt radioaktivt avfall som ska föras till djupförvaret kommer att anlända inneslutet i transportbehållare. Hanteringen ovan jord begränsar sig till mottagning, lossning, eventuell tillfällig uppställning, och därefter nedtransport av dessa behållare. De enda skyddsåtgärder som behövs för den personal som sköter hanteringen är att begränsa vistelsetiden intill behållarna till den som behövs för att utföra arbetet.

Uttaget av kapslar från transportbehållare, den vidare transporten till deponeringsplatsen och hela deponeringssekvensen kommer att ske med utrustningar och maskiner som medger strålskydd för personalen. Delar av anläggningen kommer att zonindelas beroende på strålningsnivå. Strålningsnivåerna i olika utrymmen och till personalen kommer att kontrolleras med mätinstrument. Ingen luftburen aktivitet (utom möjligen radon från berget) eller ytkontaminering kommer att finnas, vilket innebär att ingen speciell skyddsklädsel erfordras.

Brandskydd

Underjordsanläggningen kommer att sektioneras i ett lämpligt antal brandceller. Cellerna avskiljs huvudsakligen med portar. Brandsektioneringen utförs så att alternativa utrymningsvägar finns i huvudparten av anläggningsdelarna. När alternativa utrymningsvägar inte kan ordnas på ett rimligt sätt kommer lokala, mobila räddningskammare att utplaceras. Centraldelen och transporttunnlarna förses med brandvattensystem med brandposter utplacerade på strategiska platser. Det ordinarie ventilationssystemet utformas så att det kan svara för rökevakuering.

Övrigt

Kontroll av alla bergutrymmen är en viktig skyddsåtgärd för att eliminera risker i form av ras eller stenedfall. Regelbunden besiktning, skrotning och vid behov bergförstärkning är därför aktiviteter som ingår i det löpande underhållet av berganläggningarna.

Trafiken i anläggningen kommer att underkastas strikta regler för att undvika olyckor. Mötesplatser anordnas på lämpliga avstånd längs rampen. Underjordsdelen skyltas i lämplig omfattning för att underlätta körningen i anläggningen. Telekommunikation skall vara möjlig i hela underjordsdelen.

Tillträdet till underjordsdelen ska kontrolleras av säkerhetsskäl. Närhelst någon form av arbete förekommer i under jord ska personal finnas närvarande i driftbyggnaden ovan jord med uppgift att ingripa på lämpligt sätt om något oplanerat skulle inträffa.

3 Transportsystemet

3.1 Allmänt

Liksom andra industrianläggningar kommer djupförvaret att kräva lokal infrastruktur för transporter av personal, besökare, material m m. Bentonitlera till buffertmaterial kommer att importeras, vilket kräver en lång transportkedja innan materialet är på plats vid djupförvaret. De godsslag som är speciella för djupförvaret är emellertid inkapslat, använt kärnbränsle och annat avfall.

Sedan mer än ett decennium finns ett system i drift för transporter av kärnavfall från kärnkraftverken till avfallsanläggningarna CLAB och SFR /2/. Systemet hanterar såväl använt kärnbränsle som annat avfall av varierande art och ursprung. En grundprincip är att radioaktivt material transporteras i särskilda transportbehållare, dimensionerade så att de skyddar omgivningen från strålning och så att de tål stora yttre påfrestningar, inklusive de belastningar som kan uppstå vid svåra olyckor. Transporterna sker till sjöss på det specialbyggda fartyget M/S Sigyn. Vid kärnkraftverken och avfallsanläggningarna finns hamnar med hanteringsutrustning. Transportsystemet har under mångårig drift visat sig fungera mycket väl, både säkerhetsmässigt och praktiskt. Inga störningar eller incidenter som påverkat strålskyddet har inträffat /9/.

De framtida transporterna till djupförvaret kommer att bygga på det system som redan finns, men med de modifieringar och kompletteringar som behövs. Transporter på land kan tillkomma som en ny del. Mångårig utländsk erfarenhet visar emellertid att inte heller landtransporter av radioaktivt avfall är förenade med särskilda tekniska svårigheter eller risker.

Hur transportkedjan och dess länkar kommer att utformas bestäms till stor del av djupförvarets lokalisering. För lokaliseringar som kräver sjötransport av avfallet finns två huvudalternativ /10/:

- Om djupförvaret placeras **kustnära** med tillgång till närbelägen hamn transporteras det radioaktiva avfallet i sina tunga behållare till denna hamn och därifrån på lokal väg till djupförvaret. Annat material, huvudsakligen massgodis av ordinarie slag och vikt, transporteras antingen via samma hamn eller på landsväg eller järnväg från någon annan hamn.
- Om lokal hamn saknas eller djupförvaret lokaliseras **längre bort från kusten**, transporteras det radioaktiva godset först till lämplig hamn och därefter på allmän järnväg eller landsväg till djupförvaret.

3.2 Godslag till och från djupförvaret

3.2.1 Anläggningskedet

Bergmassor

Den totala volymen på djupförvarets alla tunnlar och bergrum beräknas till 1–1,5 miljoner kubikmeter (fast mått) motsvarande cirka 3–4 miljoner ton berg. Omräknat till volym efter utsprängning (löst mått) blir det 1,5–2 miljoner kubikmeter. Av detta produceras ungefär hälften under det 5–6 år långa anläggningskedet, då tunnlar, schakt, gemensamma utrymmen och ett första deponeringsområde tas ut. Återstoden produceras under driftperioden på 20–30 år, i takt med att deponeringsområden etableras.

En del av bergmassorna kommer att användas som utfyllnadsmaterial när industriområdet och trafikanslutningar byggs. Vidare är bergkross blandad med bentonit huvudalternativet som material för senare återfyllning av djupförvarets tunnlar, efter deponering. Det innebär att närmare hälften av bergmassorna troligen kommer att återanvändas, efter en tids lagring ovan jord.

Hur återstoden av massorna ska hanteras beror mycket på lokala faktorer. Efterfrågan på bergkross har allmänt sett ökat i takt med att detta material ersätter naturgrus som fyllnads- och ballastmaterial. Efterfrågan varierar avsevärt mellan olika regioner, bl a därför att bergmaterial sällan har tillräckligt högt värde för att motivera långa landtransporter. I kustnära lägen kan export vara ett alternativ eftersom bergkross är en bristvara på många håll runt Östersjön.

Om man som ett realistiskt räkneexempel antar att hälften av de bergmassor som produceras under anläggningstiden ska transporteras bort blir transportbehovet 125 000–200 000 ton per år, vilket grovt räknat motsvarar 15–25 transporter per dygn med vägfordon av den typ som normalt används för bergtransporter.

Övrigt

Till transportererna av bergmassor under anläggningstiden kommer lokala transporter av de slags som är gängse vid stora byggarbetsplatser, dvs schaktmassor, allehanda byggmaterial, maskiner och förnödenheter samt personal. Förutom platsen för djupförvaret kan transportverksamheten även beröra aktuell hamn och trafikleder som nyanläggs eller rustas upp.

3.2.2 Driftskedet

Under den cirka 30 år långa driften ska transportsystemet till djupförvaret i huvudsak hantera två typer av gods, nämligen:

- tunga, enskilda enheter med inkapslat bränsle och annat långlivat avfall i transportbehållare,
- massgods i form av bentonitlera och eventuellt sand för återfyllnad.

Uppskattade mängder av avfallsprodukterna redovisas i tabell 2-1. Det antal kapslar som anges i tabellen kan direkt översättas till antal enheter som skall transporteras.

Behovet av bentonitlera beräknas till cirka 15 000 ton per år. Sand kan bli aktuellt som återfyllnadsmaterial, men mera troligt är att lokalt producerad bergkross nyttjas. Till detta kommer de i huvudsak lokala transportererna av personal och gods som krävs för den

dagliga driften av anläggningen. Djupförvaret skiljer sig därvidlag inte från andra industri-
anläggningar av jämförbar storlek. Även under driftsskedet kommer det troligen att
behövas transporter av bergmassor, men i väsentligt mindre omfattning än under anlägg-
ningsskedet.

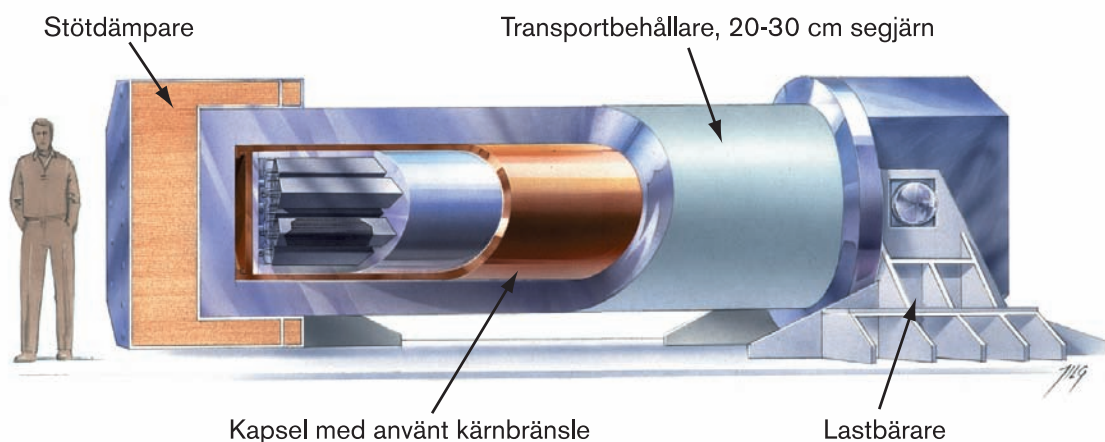
Nedan beskrivs närmare de godsslag som är speciella för djupförvaret, dvs transport-
behållare med radioaktivt avfall samt material för buffert och återfyllnad.

Transportbehållare med använt kärnbränsle

Det använda kärnbränslet är inneslutet i 5 meter långa, cirka 25 ton tunga kapslar av järn
och koppar /11/. Kapslarna är helt täta och risken för spridning av radioaktiva ämnen
under hantering eller transport bedöms som extremt låg. Däremot dämpas inte strål-
ningen från bränslet helt, och kapseln har begränsad förmåga att motstå mekaniska
belastningar vid exempelvis väg- eller järnvägsolyckor. Kapseln måste därför transporteras
i kraftiga transportbehållare som skärmar av strålningen och skyddar lasten mekaniskt.

De transportbehållare som används vid dagens transporter från kärnkraftverken till
CLAB är dimensionerade för bränsle som lagrats ett antal månader efter uttag ur
reaktorn. Transporterna till djupförvaret kommer att avse cirka 30 år gammalt bränsle.
Strålningen och värmeavgivningen från bränslet är då väsentligt lägre än vid dagens
transporter, eftersom cirka 90 % av radioaktiviteten har avklingat under tiden i mellan-
lagret vid CLAB. Lägre strålning och värmeavgivning ger möjligheter att förenkla såväl
transportbehållarna som hanteringen. Kraven på mekaniskt skydd innebär dock att
behållarna blir tunga. En transportbehållare med kopparkapsel beräknas väga cirka 65
ton, varav kapseln svarar för cirka 25 ton. Ett exempel på hur en sådan behållare kan
utföras visas i figur 3-1. Behållarna returneras tomma från djupförvaret för påfyllning
och kommer således att cirkulera i transportsystemet.

Den kraftiga konstruktionen innebär att transportbehållarna tål stora mekaniska påfrest-
ningar, även sådana som kan bli aktuella vid olyckor efter transportvägen. Transport-
systemet i övrigt behöver därmed inte utformas för att ge mekaniskt skydd åt godset.
Trots detta är godset klassat som farligt gods enligt det internationella regelverket och
skall märkas, separeras och övervakas enligt internationella regler för radioaktivt gods.



Figur 3-1. Skiss av transportbehållare för kapsel med använt kärnbränsle.

Transportbehållare med övrigt långlivat avfall

Transporterna av annat långlivat avfall kommer att påbörjas när djupförvaret tas i reguljär drift. Merparten kommer att vara ingjutet i betongkokiller. Även denna avfallstyp kräver viss strålskärmning, varför transporterna sker i speciella transportbehållare av stål. Den typ som används idag väger ca 70 ton, inklusive avfall.

Buffert- och återfyllnadsmaterial

Bentonitlera exporteras från flera länder, bland annat från USA och Medelhavsområdet. Såväl till sjöss som på land kan transporten ske i bulkform (dvs i lös vikt), i särskilda bulkcontainrar eller i andra typer av behållare. Behovet av bentonit motsvarar cirka 18 containrar à 20 ton per vecka under i genomsnitt 40 veckor per år. Materialet är känsligt för fukt och måste hållas torrt under transport och lagring. Hantering och lagring i hamn och vid djupförvaret kan ske med konventionell utrustning.

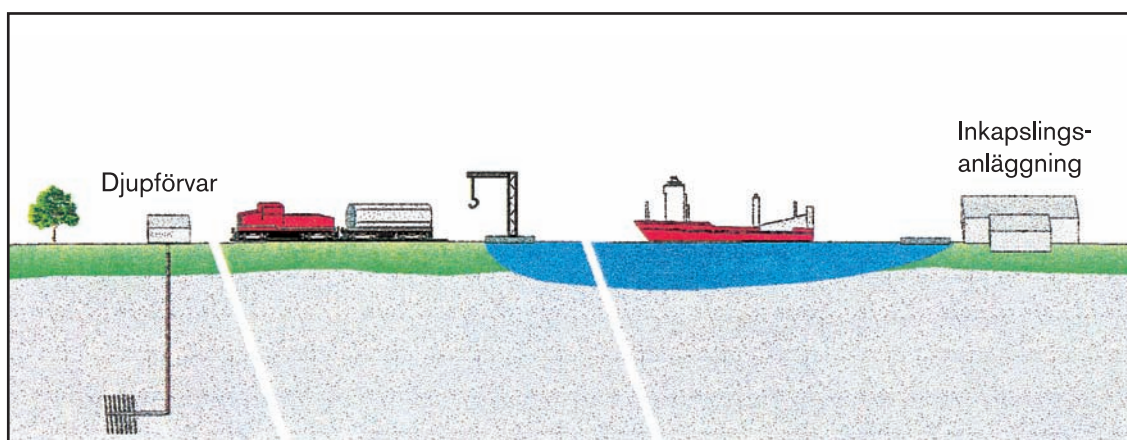
Om man, istället för bergkross, väljer sand som ballast i återfyllningsmaterialet kan lämplig kvalitet levereras från södra Östersjön. Transporten kan utföras med vanliga bulkfartyg eller pråmar. Behovet är maximalt cirka 45 000 ton per år, vilket skeppat i partier om 4 500 ton motsvarar cirka tio fartygstransporter per år.

3.3 Transportkedjan till djupförvaret

3.3.1 Radioaktivt avfall

Figur 3-2 visar schematiskt den planerade transportkedjan. Från inkapslingsanläggningen vid CLAB, strax norr om Oskarshamn, förs transportbehållarna med kapslar till den närbelägna hamnen på Simpevarpshalvön. Figur 3-3 visar den typ terminalfordon som kommer att användas. I hamnen lastas behållarna på isgående kustfartyg specialbyggt för dessa transporter.

Sjötransporten går till lämplig hamn, där behållarna lossas från fartyget för vidare transport till djupförvaret, om så behövs på väg eller järnväg. När fartyget förtöjts körs



Figur 3-2. Transportkedjan från inkapslingsanläggningen till djupförvaret.



Figur 3-3. Terminalfordon med transportbehållare för använt kärnbränsle.

behållarna på sina lastbärare iland och ställs upp utefter järnvägsspår eller på fordonsplatser. Därifrån lyfts behållarna över till järnvägsvagnar eller landsvägsfordon och säkras. Tomma returbehållare lastas ombord för återresa med fartyget.

Valet av transportsätt för landtransporterna styrs av en rad faktorer. Ur strålskyddssynpunkt kan inget av alternativen järnväg eller landsväg förordas eller uteslutas eftersom säkerheten i båda fallen bygger på transportbehållarens funktion, inte på transportsätt. Det finns emellertid andra skäl som talar för järnväg. Ett är att det befintliga järnvägsnätet normalt klarar de aktuella vikterna utan särskilda åtgärder, medan vägtransport kan kräva förbättringar av bärigheten hos vägar och broar, även längs större vägar. Ett annat är att järnvägstransporter, på ett helt annat sätt än vägtransporter, kan ske kontrollerat och avskilt från andra transporter och resande i samhället.

3.3.2 Bulkmaterial, massgods

Bentonitlera, eventuell sand och annat massgods transporteras med järnväg, lastbil, landsvägstrailer eller motsvarande till förvaret. Bentoniten kommer troligen att transporteras i bulkcontainrar av standardstorlek. Dessa material ställer inga speciella krav på transportsystem eller hamn, förutom vanlig lasthantering och lagring. Mängderna är inte så stora att de påverkar kraven på huvudvägar och järnvägar.

3.3.3 Lokala transporter

Borttransporten av bergkross och övriga transporter under anläggningstiden kan ställa krav på förbättringar av det lokala vägnätet. Omfattningen styrs helt av lokala faktorer.



Figur 3-4. M/S Sigyn.

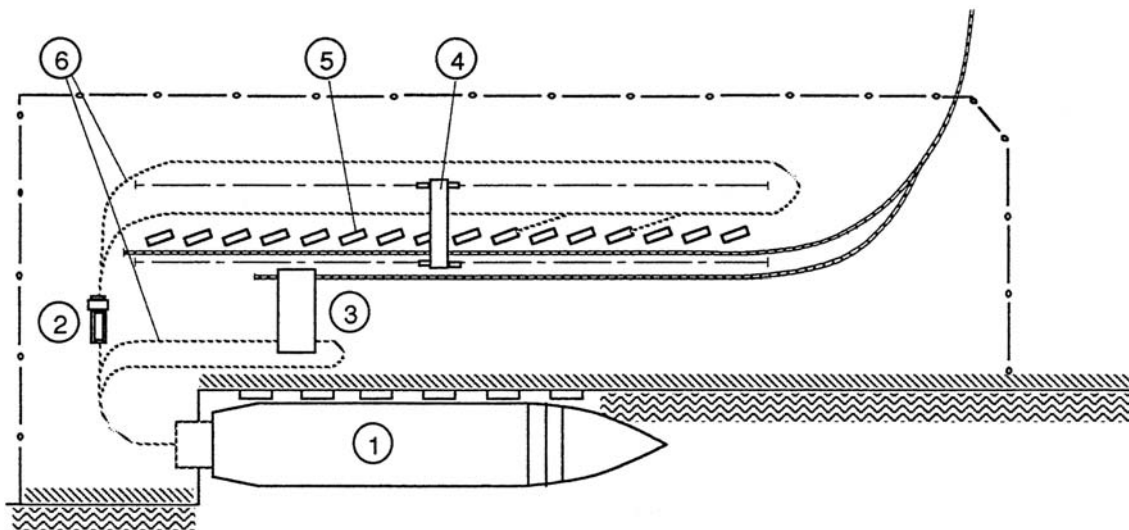
3.4 Sjötransporter och hamnar

Det system som planeras för hantering av transportbehållarna vid inkapslingsanläggningen och sjötransport därifrån till djupförvarets hamn skiljer sig inte principiellt från det som idag är i drift för transporter av radioaktivt material från kärnkraftverken. Sedan 1985 har 80–100 behållare med använt bränsle årligen transporterats till CLAB. Sedan 1988 har årligen ungefär lika många transportbehållare med radioaktivt driftavfall forslats från kärnkraftverken till slutförvaret för radioaktivt driftavfall, SFR, i Forsmark.

När djupförvaret ska tas i drift har M/S Sigyn, se figur 3-4, troligen av åldersskäl ersatts av ett annat fartyg av liknande konstruktion. Beroende på förvarets lokalisering måste fartyget ha tillräcklig maskinstyrka och skrovstyrka för gång i is. Transporterna till djupförvaret ska pågå året runt, och krav ställs därför på farlederna så att isbruten ränna och isbrytarassistans kan tillhandahållas vintertid. Farlederna längs sträckan måste vara anpassade till fartygsstorleken. Vid kärnkraftanläggningarna och CLAB har ett minsta farledsdjup på sex meter valts, vilket ger stora marginaler i förhållande till den aktuella fartygsstorleken.

Figur 3-5 visar ett schematiskt exempel på utrustning och arrangemang som behövs i den hamn där transportbehållarna lossas för vidare transport på land. Där behövs förutom körramper även lyftdon för behållare, hanterings- och uppställningsplatser för behållare, eventuellt järnvägsspår samt olika kontroll- och säkerhetsanordningar.

För importen av bentonitlera och eventuell sand kan antingen samma hamn som för det radioaktiva godset, eller närmaste kommersiella hamn, anlitas. Transporten sker med vanliga kustfartyg.



Figur 3-5. Ett exempel på arrangemang i mottagningshamnen för transporter till djupförvaret.

3.5 Landtransporter

3.5.1 Järnvägstransport

Transportbehållarna, med vikter upp till 65 ton, är de tyngsta enheter som behöver transporteras till djupförvaret. Fyraxlade järnvägsvagnar för laster upp till 71 ton finns på marknaden. Dessa vagnar väger cirka 19 ton, och den totala vikten av en lastad vagn blir således upp till 90 ton. Figur 3-6 visar en vagn av äldre modell som används utomlands. Det svenska järnvägsnätet har till övervägande delar en bärighet av 22,5 ton per axel, och skulle således vara tillräckligt för aktuella transporter, men lokala avvikelser förekommer. Tågtransport av endast radioaktivt material till förvaret skulle kräva cirka 35 tåg med 10 vagnar i varje per år. Med tillägg för buffertmaterial blir frekvensen något eller några tåg per vecka.

3.5.2 Vägtransport

På de avsnitt av det svenska vägnätet som har högsta bärighetsklass, så kallade BK1-vägar, tillåts utan dispens fordon med en maximal vikt på 60 ton och med högst 11,5 tons axellast och 18 tons boggielast på två axlar. Landsvägsfordon som klarar upp till 65 ton, utan att yttermått eller axellaster överskrider gängse begränsningar, finns att tillgå. Där- emot kommer fordonens totalvikter – cirka 100 ton – att väsentligt överskrida vad som utan särskilda tillstånd tillåts trafikera vägarna.

Vid enstaka transporter med så tunga fordon måste de vanligen framföras med reducerad hastighet och eventuellt på vägens mitt, särskilt på broar, vilket kräver särskilda arrangemang, poliseskort mm. Transporterna till djupförvaret ska emellertid pågå regelbundet i många år. För att landsvägstransport ska vara ett realistiskt alternativ är det ett krav att de kan ske utan sådana arrangemang och utan att övrig trafik störs nämnvärt. Det innebär vissa krav på minimihastighet samt på bredd, geometri och bärighet för vägar och broar. Vägar och broar kan därför behöva rustas upp och förstärkas.

Transporterna till djupförvaret skulle omfatta uppskattningsvis 5–13 ekipage per dygn, varav ett eller två är fordon med transportbehållare. Återstoden är transporter av återfyllnadsmaterial.



Figur 3-6. Transportbehållare på järnvägsvagn med vädskydd.

3.6 Transportsäkerhet

Principer och regelverk

De säkerhetsmässiga principer som ska tillämpas vid transporter mellan inkapslingsanläggning och djupförvar är följande /32/:

- risken för olyckor och incidenter under transporten skall minimeras,
- om en olycka av något slag trots allt inträffar, skall den inte orsaka frigörelse av radioaktivt material till omgivningen,
- strålningsnivåerna på transportbehållarnas utsida skall ligga under gällande gränsvärden så att behållarna kan hanteras utan risk för personalen.

Därutöver tillämpas, liksom vid allt annat arbete med radioaktiva ämnen, principen att den totala strålning (dosbelastning) som personalen utsätts för ska vara ett minimum för arbetets genomförande.

Genom att åstadkomma detta försäkras man sig om att transporter inte medför någon fara för omgivningen, vare sig i närheten av förvaret eller längs de transportvägar som används.

Hur transporter av radioaktivt material får ske bestäms idag av främst tre lagar:

- lagen om transport av farligt gods,
- lagen om kärnteknisk verksamhet ("kärntekniklagen"),
- strålskyddslagen.

Till dessa lagar är ett stort antal föreskrifter kopplade. Där framgår vilka tillstånd som krävs och vilka säkerhetskrav som måste uppfyllas. Föreskrifterna bygger i stor utsträckning på internationellt accepterade regler. Kärntekniklagen reglerar bland annat vilken redovisning till, och tillstånd från, ansvariga myndigheter som skall finnas innan verksamheten börjar. Lagen om transport av farligt gods innehåller bestämmelser för transporter till sjöss, på landsväg och med järnväg.

Transporter till djupförvaret

Transportbehållarna konstrueras i enlighet med de krav som ställts upp av FN:s internationella atomenergiorgan, IAEA. Behållaren skall dels skydda den inneslutna kapseln mot skador, dels skärma av den strålning som avges från den, så att behållaren kan hanteras vid lastning och lossning. Viktigt vid en olyckssituation är att behållarens strålskrämmande förmåga i huvudsak bibehålls, dvs att den 40 ton tunga stålkroppen finns kvar kring det inneslutna avfallet.

Inga åtgärder ska eller behöver vidtas med transportbehållarna längs transportvägen, utöver surrning vid lastning, lossning och omlastning. Nivån på strålningen från transportbehållarna ska alltid ligga under gällande gränsvärden. Erfarenheterna från dagens transporter till CLAB visar att systemet kan utformas så att den faktiska stråldosen till personalen blir långt under gränsvärdena. Som exempel kan nämnas att besättningen på fartyget M/S Sigyn utsätts för lägre stråldoser än vad en svensk i allmänhet erhåller. Orsaken är att strålningsnivåerna generellt sett är lägre till havs än på land och att strålningen från behållarna inte har uppvägt den lägre bakgrundsnivån.

Planering och organisation

De planeringsrutiner som används för dagens transporter av avfall från kärnkraftverken har visat sig fungera bra, varför transporter till djupförvaret kan antas komma att organiseras på ett likartat sätt. Att djupförvarstransporter kan bli längre och omfatta även landtransport har mindre betydelse, eftersom de säkerhetsmässigt viktiga faktorerna är desamma oavsett transportsätt och transportsträcka.

Transportplaneringen innefattar dels en långtidsplanering för något år i taget för att fastställa behovet av transportresurser, dels en detaljplanering för varje transport. Planerna delges i god tid berörd personal, ansvariga myndigheter och lokala organ.

Kommunikation och fysiskt skydd

Det så kallad fysiska skyddet är en del av säkerhetssystemet som ska förhindra stöld eller avsiktlig åverkan på behållarna. Det fysiska skyddet innefattar en kombination av tekniska och administrativa åtgärder som skyddar godset och möjliggör upptäckt och larm om något onormalt inträffar. Det gäller bevakning, kommunikation med en transportledningscentral och liknande. Viss information om hur detta system är uppbyggt är sekretessbelagd för att minska risken att systemet störs. Däremot finns inget behov av sekretess om hur transporter utförs.

För dagens sjötransporter finns en central som följer transporter med M/S Sigyn. Vid ett haveri eller tillbud till sjöss informeras transportcentralen. Om människoliv är i fara informerar befälhavaren närmaste kustradiostation för larm till sjöräddningen. Transportcentralen tar kontakt med de instanser som kan behöva hjälpa till om det finns risk för skada eller förlust av transportbehållare.

Transportcentralens funktion vid järnvägs- eller landsvägstransporter blir i huvudsak densamma som vid sjötransporter. Vid ett eventuellt olyckstillbud kontakter tjänstgörande transportledare transportcentralen som tar kontakt med de instanser vilkas assistans kan behövas, såsom lokal polis och räddningstjänst. Kontakt tas också med tjänstgörande strålskyddsinspektör vid Statens strålskyddsinstitut. Skriftliga instruktioner för vilka åtgärder som bör vidtas i olika situationer kommer att finnas, liksom en plan för hur transportbehållare skall kunna bärgas längs olika sträckor av rutten.

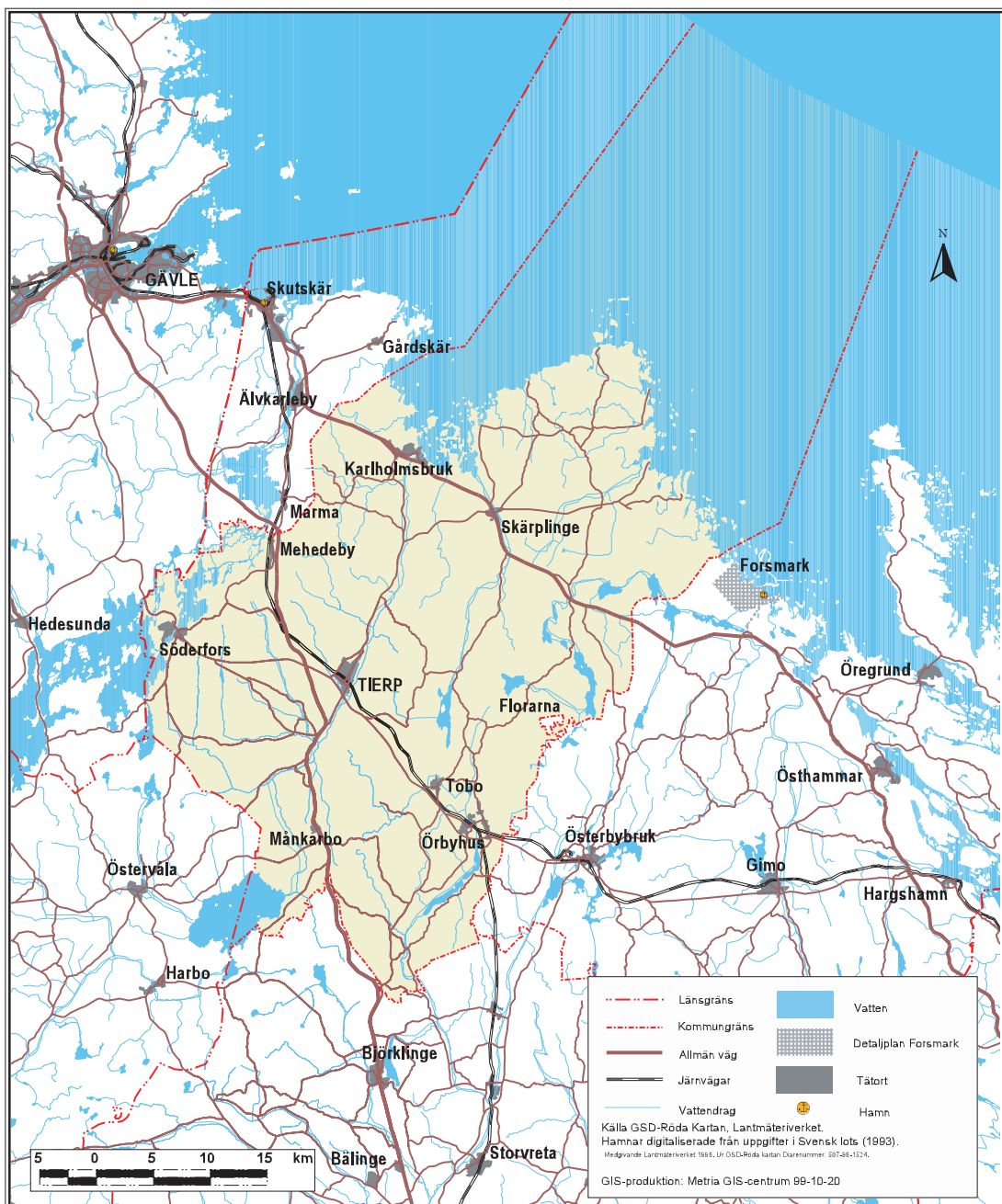
Beredskapsplan

Beredskapsorganisationen innefattar lokal polis och räddningstjänst samt berörd länsstyrelse och syftar till att dessa myndigheter ska kunna agera på bästa sätt om något onormalt inträffar. All information och kunskap om transportverksamheten ska finnas hos dessa instanser innan transporterna till djupförvaret påbörjas. SKB har ansvar för att informationen är korrekt och tillgänglig, medan samhällets organ ansvarar för sin egen planering. Beredskapsplanen skall innehålla uppgifter om åtgärder i händelse av en olycka längs transportvägen samt vilka kontakter som skall tas med myndigheter eller annan expertis, som kan medverka till att inga felaktiga åtgärder vidtas.

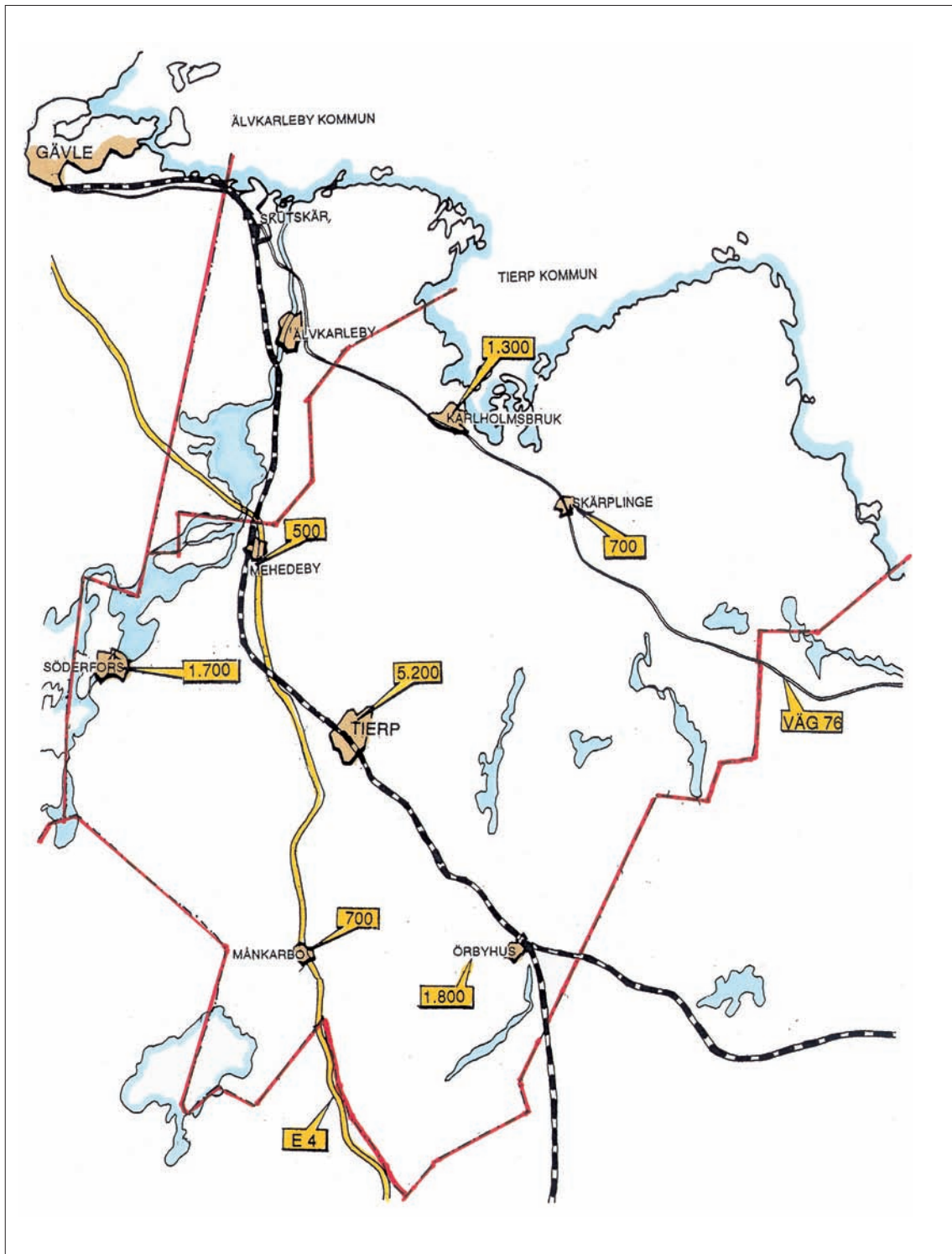
4 Tierps kommun – generella förutsättningar

4.1 Allmänt om kommunen

Kartan i figur 4-1 visar Norduppland och Tierps kommun. Kommunen har knappt 20 000 invånare och en landyta på cirka 1 500 km². Det flacka landskapet domineras av skogsmark som utgör cirka 70 % av ytan. Återstoden är jämt fördelat på jordbruksmark respektive övrig mark, inklusive bebyggelse. Angränsande kommuner är, från norr till söder, Älvkarleby, Gävle, Heby, Uppsala och Östhammar.



Figur 4-1. Norduppland och Tierps kommun.



Figur 4-2. Tätorter, järnvägar och större vägar i Tierps kommun.

Figur 4-2 ger en uppfattning om tätorter och infrastruktur inom kommunen. Tierps samhälle är störst, med drygt 5 000 invånare. Därefter kommer Örbyhus, Söderfors och Karlholmsbruk, alla med invånarantal i intervallet 1 000–2 000. Övriga tätorter har färre än 1 000 invånare. Kommunen har en lång brukstradition och flera bruksorter, däribland Söderfors vid Dalälven. Idag finns en relativt omfattande tillverkningsindustri. Mätt i antal anställda är de största företagen Atlas Copco Tools AB, Era Steel Kloster AB och Karlit AB. Jord- och skogsbruk är också betydelsefulla näringsgrenar.

Trots kustläget saknar kommunen större hamnar. En orsak torde vara att åtminstone delar av kuststräckan är uppgrundad och mindre lämplig för sjöfart. En annan att stora industrihamnar finns både norrut (Skutskär, Gävle) och söderut (Hargshamn).

4.2 Vägar och järnvägar

4.2.1 Vägar

Genom västra delen av Tierps kommun löper E4 i nord-sydlig riktning. Avståndet från kommungränsen söderut till Uppsala är cirka 35 km och till Stockholm cirka 100 km. Norrut är avståndet till Gävle cirka 30 km. Från Uppsala och upp till Mehedeby, dvs genom Tierps kommun, är E4 en tvåfilig landsväg (ej motorväg) med bredd varierande mellan 10–13 m och högsta bärighetsklass (BK1).

Sträckningen är hårt trafikerad med ett trafikflöde på upp till cirka 10 000 fordon per medeldygn. Sträckan Mehedeby–Gävle är motorväg. En flyttning av E4 och uppgradering till motorvägsstandard för sträckan Uppsala–Mehedeby har länge utretts och diskuterats. Ombyggnaden planeras att genomföras etappvis under en tioårsperiod. Ärendet ligger för närvarande hos regeringen.

Längs kusten från Gävle och Skutskär ner mot Karlholmsbruk vid Lövstaviken och vidare söderut mot bland annat Hargshamn löper riksväg 76 ("kustvägen"), en 8–12 meter bred landsväg av BK1 standard. Från Hargshamn i Östhammars kommun finns anknäring via fyra km på länsväg 292 (BK1) som därifrån går i västlig och nordvästlig riktning till Tierp där den ansluter till E4 samt fortsätter till Söderfors. Mellan Älvkarleby (och därmed Skutskär) och E4 vid Mehedeby går länsväg 291 (BK1). Trafikflödena på kommunens riksvägar och primära länsvägar är måttliga 1 000–2 000 fordon per dygn, förutom på korta vägavsnitt nära tätorterna.

Om avfallstransporterna till djupförvaret ska gå på vägar av denna typ måste man räkna med breddning på vissa sträckor och förstärkning av broar m m. Transporterna av bulkmaterial skulle däremot inte kräva några speciella åtgärder.

Till dessa riksvägar och primära länsvägar kommer ett relativt tätt nät av övriga, i regel smala, länsvägar av BK1 standard. Sådana vägar finns bl a på Hållnashalvön till Fagerviken och Sikhjalma. Fågelsundet förbinds med en BK2 länsväg. Området väster om Lövstabukten saknar däremot större vägar. En grusväg nära kustlinjen förbinder området vid Karlholmsbruk med Gårdsskär i Älvkarleby kommun.

4.2.2 Järnvägar

Järnvägens motsvarighet till E4 är Ostkustbanan, som går genom kommunen och passerar centralorten Tierp. Ostkustbanan förbinder från norr till söder Gävle, Skutskär och Älvkarleby i Älvkarleby kommun, Mehedeby, Tierp, Tobo, Örbyhus och Upplanda i Tierps kommun och fortsätter söderut mot Uppsala. Banan, som har ett relativt högt tågflöde i det aktuella området, har dubbelspår på större delen av sträckan söder om Gävle. Utbyggnad av dubbelspår på återstående delar planeras före 2007, som en del av satsningen på snabbtågstrafik på sträckan Stockholm–Sundsvall.

Från stambanan i Örbyhus i Tierps kommun går en enkelspårig länsjärnväg mot Österbybruk, Gimo och Hargshamn i Östhammars kommun, söderut till Hallstavik. Banan har normal tillåten axellast på 22,5 ton. Elektrifiering planeras till år 2003. Banan trafikeras av SJ, enbart godståg.

Hamnarna i Gävle, Skutskär och Hargshamn har redan idag järnvägsanslutning för tunga transporter till centrala delar av Tierps kommun. Forsmark saknar däremot järnväg.

4.3 Hamnar

Eftersom Tierps kommun saknar hamnar för transporter av det aktuella slaget beskrivs i det följande näraliggande hamnar i andra kommuner, dvs, Gävle hamn, Skutskär i Älvkarleby kommun, samt Forsmark och Hargshamn i Östhammars kommun. Vidare har möjligheterna att, speciellt för djupförvarets behov, anlägga en ny hamn i området kring Lövstabukten i Tierps kommun studerats.

4.3.1 Gävle hamnar

Insegling

Allmänna uppgifter om Gävle hamnar finns i publikationen Svensk Lots del II /12/. Gävle har två kommunägda hamnar, Fredriksskanshamnen på norra sidan av Yttre Fjärden som leder in till staden, och Granudden på dess södra sida, se figur 4-3. Inom Gävle hamnområde finns även piren i Karskär, som hör till Korsnäs fabriksområde och som inte är aktuell för SKB.

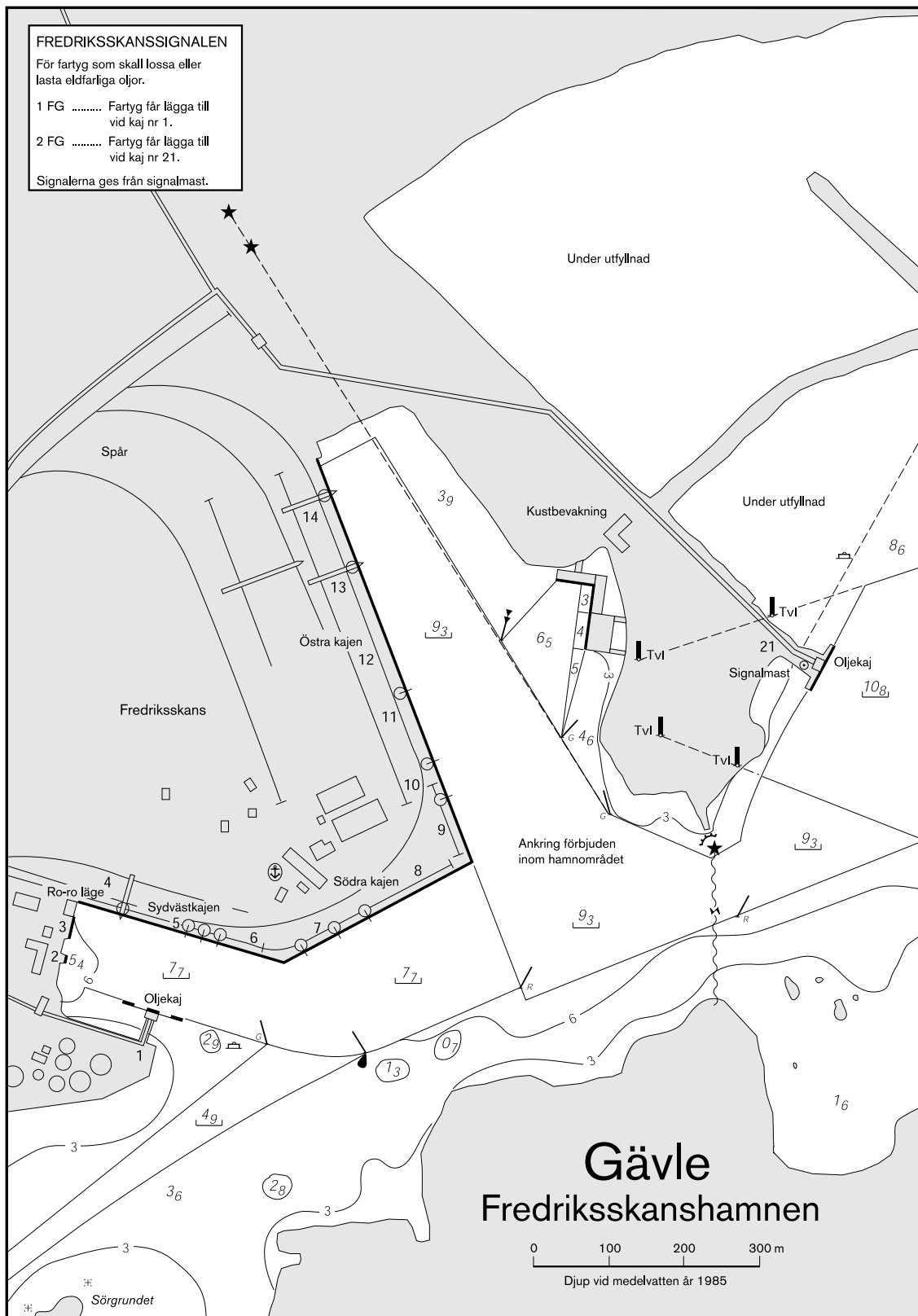
Farleden syd om Eggegrund (cirka 10 sjömil utanför Gävle) tillåter fartyg med djupgående på upp till 10,4 m, medan farleden norr om Eggegrund tillåter 9,5 meter djupgående. Hamnen och Yttre Fjärden är väl skyddad av en rad öar. Infarten mellan öarna består av den muddrade och sprängda Holmuddsrännan. Ishinder förekommer i regel från början av januari till slutet av mars. Isbrytare håller rännan öppen hela vintern. Hamnen har inte behövt stängas pga is sedan 1966.

Fredriksskanshamnen

Fredriksskanshamnen, figur 4-4 är den allmänna hamnen för blandad trafik. Här hanteras bl a oljor, bulklaster, styckegods och containrar. Norr om det egentliga hamnområdet finns bergrum för olja som står tomma. För oljor och kemikalier finns cisterner och kajer med fasta anslutningar. Övriga kajer används flexibelt för hamnskjul, bulklaster, uppställning av containrar m m. Järnvägsspår är dragna till flera kajer.

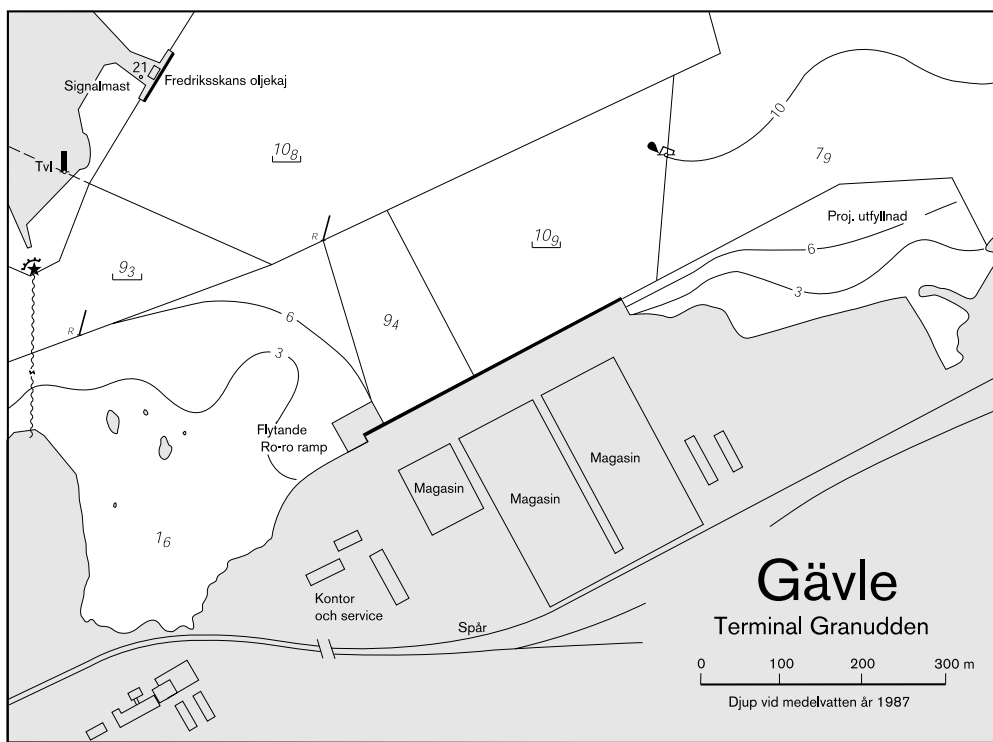


Figur 4-3. Gävle hamnar.



©Sjöfartsverket tillstånd nr 9909360

Figur 4-4. Fredriksskanshamnen.



©Sjöfartsverket tillstånd nr 9909360

Figur 4-5. Terminal Granudden.

För närvarande finns i det befintliga hamnområdet inga outnyttjade ytor som skulle kunna passa för en terminal för SKB:s godshantering. Den enda roro-rampen ligger i anslutning till cisternområdet för kemikalier, men där saknas öppna ytor som skulle kunna hägnas in. I hamnområdets nordöstra del finns ett område under utfyllnad. Här avser man att skapa nya uppställningsytor och dra om oljeledningar så att dessa ligger utanför området. Här skulle en terminal med roro-läge eventuellt kunna anläggas för SKB. Området är lämpligt med tanke på närheten till anslutande järnvägsspår och utfarten från hamnen.

Vägar och järnvägar

Från Fredriksskanshamnen leder väg av bärighetsklass BK1 till E4 och riksväg 76 mot Tierps kommun. Vägens bredd är tillräcklig för SKB:s transporter, men den första delen fram till Bönavägen skulle troligen behöva förstärkas. Hamnleden fram till E4 är troligen tillräckligt bred och bärig. Från Fredriksskanshamnen leder bärig järnväg till Gävle bangård som ligger nära stadens centrum som måste passeras vid järnvägstransport söderut.

Terminal Granudden

Denna hamn, se figur 4-5, tillkom som en terminal för skogsprodukter åren 1975–76. Terminalen är idag uthyrd till skogsbolagen Stora Enso och Korsnäs. Granudden har en enda kaj som är 350 meter lång, där den västra delen (150 m) tillåter ett djupgående på 9 meter och den östra delen (200 meter) ett djupgående på 10,4 meter. Detta vattendjup fortsätter ytterligare cirka 80 meter österut i hamnbassängen. Kajhöjden är 2,4 meter över medelvattennivån. Kajerna är kasunkonstruktioner och byggda för axeltryck på 40 ton eller 5 ton per kvadratmeter. Mitt på kajen finns en förstärkt platta 21 x 18 meter för tyngdlyft på upp till 150 ton. Vid kajens västra ände finns en flytande roro-ramp (så kallad link-span) på 40 x 25 meter.

På kajen finns två stora magasin för skogsprodukter med lastbryggor för lastbilar och ett järnvägsspår, samt ett magasin för sågade trävaror. Öster om magasinerna skulle det vara möjligt att förlänga kajen och bygga en terminal för SKB:s transporter. Samråd med de företag som nyttjar hamnen måste ske om detta alternativ ska studeras vidare.

Vägar och järnvägar

Från Granudden leder en smal väg med god bärighet som via större lokala genomfartsleder ansluter till riksväg 76 och E4. Terminalen har järnvägsanslutning till stambanan strax söder om Gävle bangård. Via ett triangelspår vid Fjällbackens industriområde kunde SKB:s transporter ledas söderut utan att passera stadens centrum.

4.3.2 Skutskärs hamn

Skutskär ligger i Älvkarleby kommun. Tätorten har cirka 6 000 invånare och ligger nära hamnen och järnvägen. Riksväg 76 går genom samhället. Allmänna uppgifter om Skutskärs hamn finns i Svensk Lots /12/. Hamnen ligger i direkt anslutning till Stora Enso's omfattande anläggningar för massatillverkning (Skutskärsverken) och används idag uteslutande för företagets import av vedråvara. Till skillnad från Gävle hamn är hamnen i Skutskär således en enskild industrihamn.

Figur 4-6 visar hamnen som den ser ut för närvarande. Det bör nämnas att Stora Enso planerar omfattande förbättringar av hamnanläggningarna. Beslut har fattats om en första etapp, som bland annat innefattar muddring av en ny inseglingsled och utbyggnader av nya kajplatser i den östra delen av hamnbassängen.

Insegling

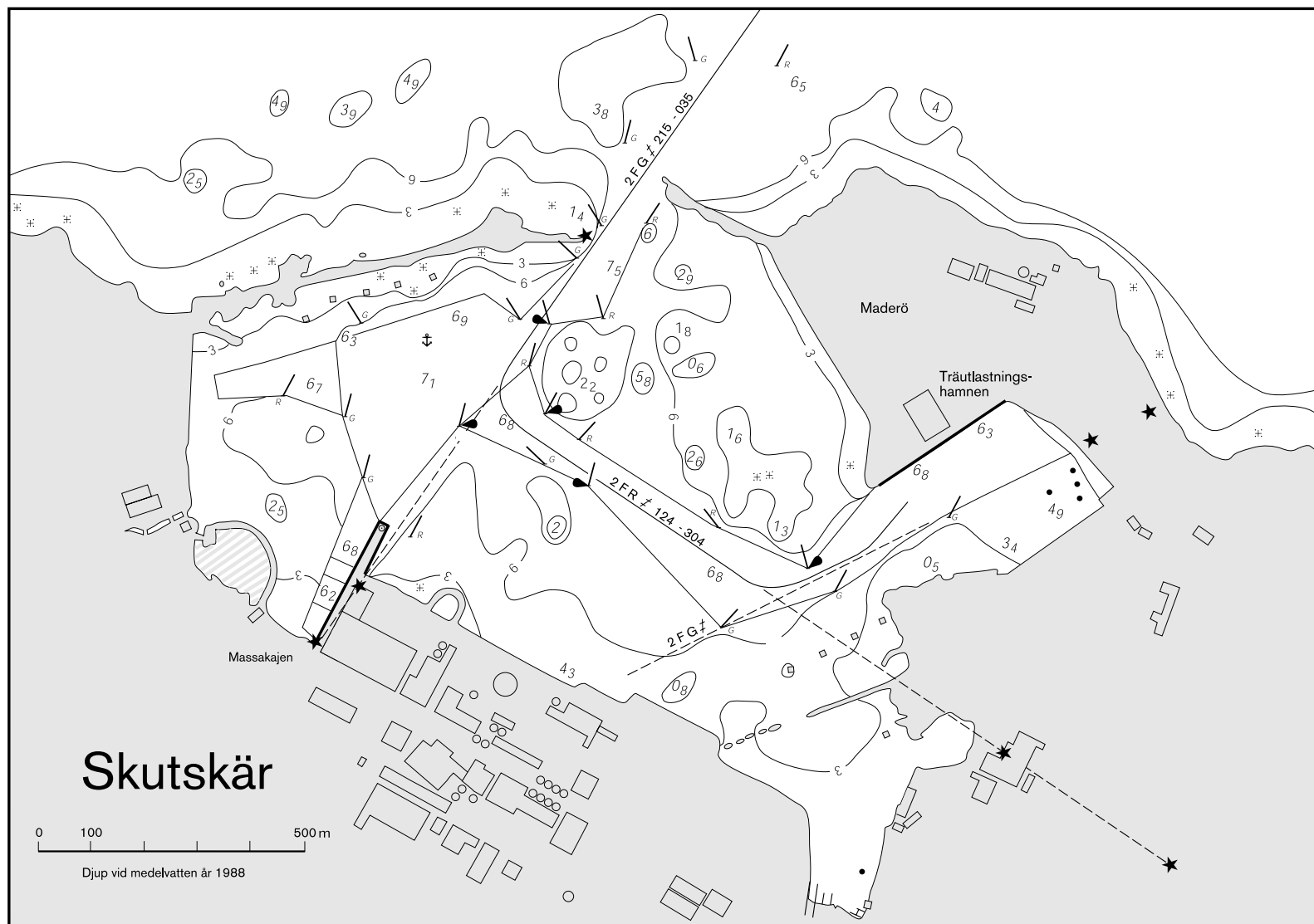
Till hamnen leder en fyrbelyst farled som tillåter ett djupgående upp till 6,9 meter. Vid den trånga hamnmynningen måste ett grundflak och öppningen mellan två pirar passeras. Även inne i hamnbassängen finns ett antal grundområden. Ishinder förekommer vanligen under perioden februari till april. Planerade muddringsarbeten kommer att förbättra inseglingsförhållandena avsevärt. Fartyg med upp till 8 meters djupgående kommer då att kunna tas emot utan väderrestriktioner.

Kajer och upplagsplatser

I dag har hamnen tre kajområden, i Svensk Lots benämnda Oljekajen, Massakajen och Träutlastningshamnen. Vattendjupet varierar mellan 6,1 och 6,9 meter. Hamnens södra del och massakajen ligger inom fabriksområdet och är upptagen.

Nuvarande trafik

Trafiken i hamnen består av fartyg med inkommande laster av ved. Man tar in 700 000–900 000 kubikmeter årligen och räknar på sikt med en fördubbling av volymen. Massa som produceras vid anläggningarna, ca 500 000 ton per år, transporteras på järnväg och lastbil, varav en del till hamnterminalen vid Granudden i Gävle.



©Sjöfartsverket tillstånd nr 9909360

Figur 4-6. Skutskärs hamn.

Vägar och järnvägar

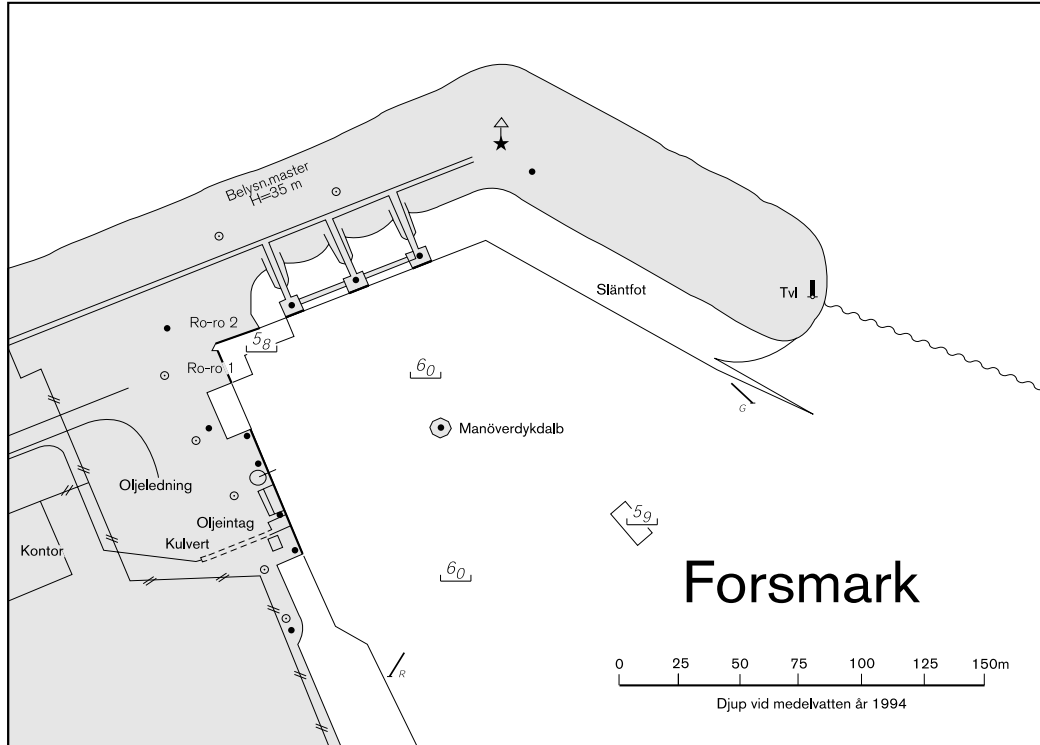
Skutskärsverken har järnvägsspår till och inom fabriksområdet. Möjligheter finns att förlänga spåren så att de når även hamnanläggningarna. Industrispåren ansluter till stamjärnvägen (Ostkustbanan), som passerar samhällets västra ytterområde. Hamnen har väganslutning till riksväg 76 med bärighet BK1 som passerar genom samhället.

Möjlig terminal för SKB:s transporter

Med de förbättringar som planeras skulle Skutskärs hamn lämpa sig väl för SKB:s transporter. För närvarande är hamnområdet fullt utnyttjat. SKB:s eventuella behov ligger emellertid åtskilliga år framåt i tiden. Mot bakgrund av den snabba förändringstakt som kännetecknar massabranschens villkor går det inte att i dag avgöra om, och i så fall var, lämpliga kajer och upplagsytor skulle kunna härbärgeras. Bedömningen är dock att goda förutsättningar finns, i första hand genom utbyggnader inom hamnbassängen eller som alternativ tillbyggnad av en särskild hamn utanför och öster om den nuvarande.

4.3.3 Forsmarks hamn

Forsmarks hamn, se figur 4-7, är en enskild hamn för kärnkraftstationen och SFR och får inte användas av obehörig trafik. Hamnen ligger i Östhammars kommun och förutsättningarna för att nyttja denna för transporter till djupförvaret har utretts i samband med SKB:s förstudie av Östhammars kommun /13/.



Figur 4-7. Forsmarks hamn.

Insegling

Hamnen ligger vid skäret Österblänkarna, drygt 2 km öster om Block 1 i Forsmark. Den är avsedd för transporter av tungt gods till kärnkraftverket, behållare med använt bränsle till CLAB, samt avfall till SFR.

Hamnen byggdes för fartyg upp till 2 000 ton dödvikt (dw), men har möjlighet att vid gott väder ta emot fartyg upp till 130 meters längd och med djupgående högst 5,5 meter. Hamnbassängen skyddas av vågbrytare mot sjögång och ispressning från norr.

Inseglingen till Forsmarks hamn börjar norr om fyren Bellonagrund nordväst om Öregrund. Därifrån leder en speciellt utprickad farled via Storskäret till hamnen. Farleden är relativt skyddad från grov sjö av utanförliggande skär och grundområden. Forsmark trafikeras av M/S Sigyn året runt och endast vid få tillfällen har man behövt avvakta väderförbättring före infart.

Till infartsleden kommer man via två farleder. Normalt används den södra, förbi Singö och Öregrund. Norrifrån kommer man genom Öregrundsgrepen mot Bellonagrunds fyr. Denna farled är mer oskyddad och där kan ispressen bli hård vintertid.

Kajer och upplagsplatser

Hamnbassängen är byggd med två roro-lägen där fartyget antingen kan ligga med aktern mot norr eller mot väster. I båda fallen ligger fartygssidan samtidigt an mot stödjande kaj eller dykdalber. Mitt i hamnbassängen finns en manöverdykdalb med svängkrok och rullfendrar.

Det finns en kort kaj, cirka 60 meter, med en fast, svängbar tunglyftkran för bränslebehållare och annat tungt gods. Rorolägena är speciellt byggda för M/S Sigyn och för transport av tunga fordon med bränslebehållare. Denna kaj kan användas för lossning av styckegods och containrar från mindre fartyg men är otillräcklig för längre fartyg som eventuellt skulle anlända med bentonit i containrar. I så fall måste kajen förlängas åt söder.

Det finns dels en mindre hamnplan innanför den korta kajen dels ett större uppställningsområde på ett utfyllt område söder om kontoret och i direkt anslutning till kajen. Detta område är stort nog att rymma en fartygslast bulkcontainrar med bentonit och samtidigt ge rum för ett tjugotal behållare för bränsle.

Väster om kontoret och byggnaden över nedfartsrampen till SFR är delar av Stora och Lilla Asphällan ännu orörd mark. Här finns plats för silo för sand, uppställningsplatser för lastbilar och andra anläggningar.

Vägar och järnvägar

Från hamnen leder bärig väg som är speciellt anlagd för tung trafik till kraftstationen och vidare till anslutning mot riksväg 76 vid Forsmarks by. Den enskilda vägen har bredd 7,0 meter och högsta bärighetsklass BK1, vilket är tillräckligt för transporter med tunga fordon. Riksväg 76, som följer kusten upp genom Tierps kommun, har högsta bärighetsklass (vissa broar undantagna) och bredd 6–9 meter. Avståndet från Forsmark till Tierps kommungräns är cirka 10 km. Till Forsmark leder ingen järnväg. Närmaste järnvägsanknytning är Gimo på länsjärnvägen från Örbyhus till Hallstavik. Avståndet till Forsmark är cirka 26 kilometer fågelvägen.

Möjlig terminal för SKB:s laster

Såväl hamnbassängen som delar av inseglingen tillåter fartyg med högst 5,5 meters djupgående. Kajlängd och farledsbredd begränsar fartyglängden till högst 130 meter. Eftersom hamnen i övrigt är väl ägnad för en terminal för SKB:s laster kan det vara motiverat att undersöka möjlighet och kostnad för att fördjupa farleden och hamnbassängen någon meter.

På land finns såväl bäriga kajer som tillräckliga uppställningsplatser för att ta emot och ställa upp behållare med bränsle och containrar med bentonit. Nuvarande kaj skulle behöva förlängas åt söder för att kunna betjäna fartyg upp till 130 meter i längd.

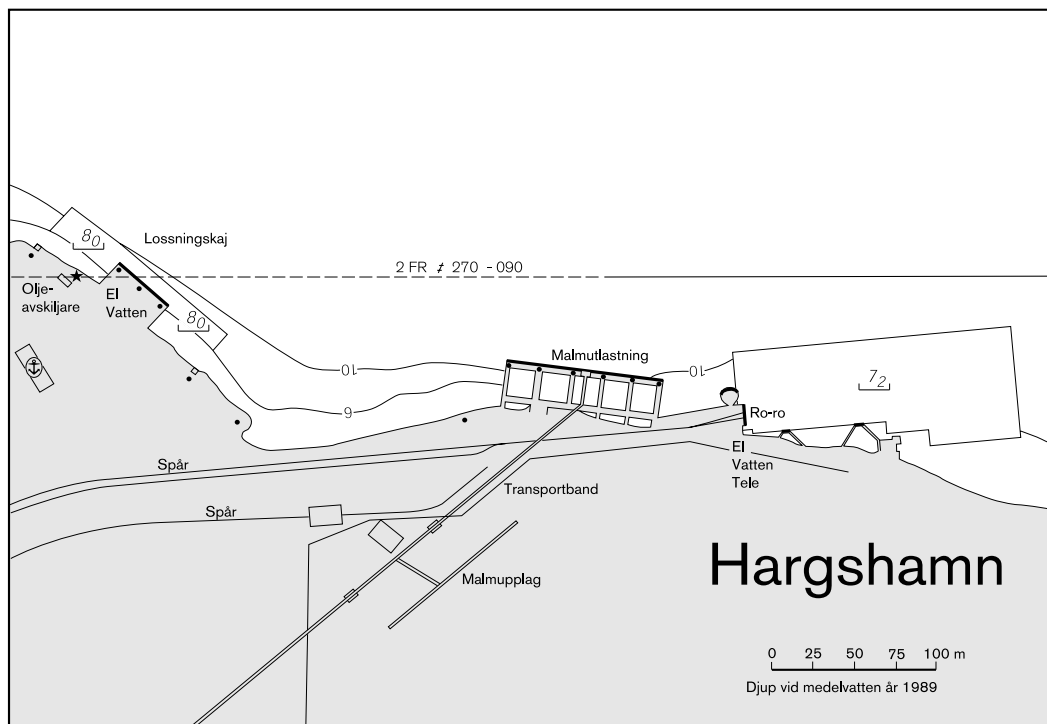
4.3.4 Hargshamn

Även Hargshamn, se figur 4-8, har studerats i samband med förstudien av Östhammars kommun /13/. Uppgifterna nedan har hämtats därifrån, dock med beaktande av förändringar som skett vad gäller nuläge och framtidsplaner.

Hamnen är öppen för allmän trafik. Hargshamns samhälle har cirka 350 fastboende och några fritidsboende. Bebyggelsen ligger samlad strax väster och söder om hamnen och består huvudsakligen av småhus. Hamnen sysselsätter endast ett fåtal personer.

Insegling

Två infartsleder från havet går in i skärgården norr om Singö. Den norra, passande för större fartyg, går norr om skäret St. Korssten och norr om fyrarna Jössan och Vässarögrund. Därifrån sydvart till lysbojen Vingen och västvert till Hargshamn. Leden är väl skyddad från vind och sjö. Farleden innehåller inga svåra passager men några tvåra



©Sjöfartsverket tillstånd nr 9909360

Figur 4-8. Hargshamns hamn.

krökar. Den är väl utprickad och fyrbelyst. Djupet är överallt tillräckligt för fartyg med 8,5 meters djupgående. Hamnen har trafikerats med fartyg upp till 50 000 tdw på dellast, vilka är väsentligt större än de fartyg som blir aktuella för SKB:s trafik.

Kajer och upplagsplatser

Inom hamnen finns ett roroläge, en malmkaj och en allmän kaj. Den äldsta är malmkajen som användes för utskeppningar av järnmalm från Dannemora gruva. Skeppningarna avslutades 1991. På senare år har malmkajen använts för utlastning av bergkross. Längs kajen är vattendjupet cirka 12 meter och rekommenderad största fartygslängd är 175 meter. Avsaknaden av ett kajplan och transportanordningarna som finns längs stranden gör att kajplatsen inte är användbar för hantering av styckegods eller containrar.

Den allmänna kajen ligger väster om malmkajen och är cirka 40 meter lång med vattendjup cirka 8 meter. Kajen är i gott skick och används för att landa bulklaster. Innanför kajen finns en uppställningsyta som för närvarande används för mellanlagring av bulk-gods.

Öster om malmkajen ligger ett roro-läge som har använts för godsfärjor till Nystad i Finland. Djupet vid roro-läget är muddrat till 7,1 meter. Till hamnområdet hör ett stort område mot söder och öster som ännu är obrukat men som successivt sprängs ut och görs plant. Hela ytan beräknas vara plansprängd senast år 2008.

Vägar och järnvägar

Från Hargshamn leder väg 292 västerut, genom Östhammars kommun och in i Tierps kommun. På hela sträckningen har vägen högsta bärighetsklass BK1 och bredden överstiger 8 meter.

Hargshamn har anslutning till den enkelspåriga länsjärnvägen som går från stambanan vid Örbyhus till Hallstavik, via Österbybruk, Gimo och Hargshamn. Banan har normal tillåten axellast om 22,5 ton. Elektrifiering planeras till år 2003. Inom hamnområdet finns ett antal stickspår för rangering av vagnar. Banan trafikeras av SJ och Hallsta pappersbruk med enbart godståg, vanligen 3–4 godståg med sågtimmer per vecka.

Nuvarande trafik

Fartygstrafiken på Hargshamn består idag enbart av bulkfartyg från Ryssland och Baltikum. Dessutom skeppar man tidvis ut en del bergkross för export. Befintlig utrustning för malmhantering kommer därvid väl till pass. Vidare nyttjar Banverket material från hamnen till underhåll av järnvägar. Järnvägen och malmutlastaren skulle kunna användas för att skeppa ut även överskottsberg från byggandet av djupförvaret.

Ägarförhållanden och framtidsplaner

Hamnen i Hargshamn ägs till 85 % av Östhammars kommun genom Hargshamn AB. Återstoden ägs av privata intressenter. Driften sköts huvudsakligen av entreprenörer och med en mycket liten personalstyrka.

Hargshamn AB söker utveckla hamnen och fartygstrafiken. Kommunen strävar efter att locka fler företag till Hargshamn och planerar för ett industriområde i anslutning till hamnen. För detta ändamål låter man spränga bort berget bakom hamnanläggningarna och skapar därmed ett plant område som fullt utbyggt skulle bli cirka 250 000 kvadratmeter.

Möjlig terminal för SKB:s laster

Öster om det nuvarande hamnområdet skulle en terminal för SKB:s trafik kunna anläggas, med roro-läge, uppställningsplatser för behållare samt silos för bulkmaterial. Från terminalen skulle man få direkt utfart, förbi och utanför samhället, via järnväg och landsväg till respektive stamnät. Områdena i väster vid malmkajen och allmänna kajen är mindre lämpade på grund av närheten till bebyggelsen.

4.3.5 Möjliga hamnlägen i Tierps kommun

I utredningsuppdraget har ingått att översiktligt studera möjligheterna att antingen bygga ut någon av de mindre hamnar som finns i kommun, eller anlägga en ny hamn med kapacitet att hantera djupförvarets transporter. Av bland annat geologiska skäl har inventeringen koncentrerats till kuststräckan norrifrån, från kommungränsen och runt Lövstabukten. Sträckan öster därom, Hållnåshalvöns yttre delar och ostsidan ner mot kommungränsen mot Östhammars kommun bedömdes av dessa skäl vara mindre intressant.

Kustområdet runt Lövstabukten är överlag grunduppfyllt med många holmar och skär, särskilt i de inre delarna av bukten. Två äldre hamnlägen på buktens östra sida, Sikhjalma och Fagerviken, beskrivs i Svensk Kusthandbok /14/ Vattendjupen vid kajerna är dock endast 2,5–3 meter och ingen av hamnarna har kapacitet för annat än mindre båtar. Farleden genom skärgården in mot Fagerviken är krokig och trång. Farleden från norr till Sikhjalma fyr är rak och rymlig. Tidigare fanns lastageplats även vid Karlholms bruk längst i bukten men farleden dit är numera helt uppgrundad. Inget av dessa befintliga hamnlägen bedöms ha förutsättningar för en utbyggnad till den kapacitet som skulle krävas för transporterna till djupförvaret.

När det gäller möjligheterna att anlägga ny hamn har två områden identifierats som intressanta för vidare studier, se figur 4-9. Det ena är en cirka 1 km lång kuststräcka på Lövstabuktens västra sida vid halvön Storören, cirka tre km norr om Karlholmsbruk. Det andra är ett område på den östra sidan mellan udden Källarberget och Sikhjalma fyr, cirka 2,5 till 5 km nordost om Fagerviken.

Dessa lägen har studerats genom bland annat besök på plats. Djupförhållanden och insegling samt möjligheten att bryta is och kunna få assistans vintertid har bedömts i huvudsak enligt uppgifter i sjökort.

Ny hamn vid Storören

Allmänt, vägar, insegling

Landområdet vid halvön Storören är ett skogsområde utan bebyggelse. Området är flackt eller lätt kuperat och innehåller även sankmark. Den centrala delen av halvön ligger cirka fem meter över havsnivån. Avståndet från Storörens udd till riksväg 76 är cirka fyra km. Vagnätet i området i övrigt består av mindre grusvägar och skogsbilvägar.

Strax utanför Storören är vattendjupet cirka 7 m. Vattenområdet Nöttbohavet syd om halvön har ett vattendjup på 4–5 meter, medan den inre delen, Lönsviken, är starkt uppgrundad och stenig. Insegling till området kan ske längs en rak linje från nordost, norr om den lilla ön Hättan. Vattendjupet i den tänkta, rymliga leden är genomgående över 6 meter. Endast utprickning och eventuell fyrbelysning erfordras.



Figur 4-9. Möjliga hamnlägen vid Lövstabukten.

Möjliga hamnlägen och åtgärdsbehov

En hamn med ett vattendjup av minst sex meter för kustfartyg av Sigyns storlek kan anläggas på flera ställen inom området. Det finns goda möjligheter att vända fartyg, men våg- och vindskydd med vågbrytare mot norr och/eller nordväst måste ordnas. En vågbrytare, som även kan tjänstgöra som kaj, kan placeras antingen vid den lilla ön Norrbådan cirka 100 m utanför Storören eller vid Storörens västra, utskjutande udde. I båda fallen erfordras relativt omfattande muddringsarbete nära land.

Förutom själva hamnanläggningarna skulle infrastrukturen få anläggas från grunden. Det gäller vägar, parkeringsytor med mera.

Ny hamn vid Källarberget – Sikhjälma fyr

Allmänt, vägar, insegling

Landområdet vid Källarberget-Storsand-Sikhjälma fyr är ett skogsområde med bebyggelse av fritidshus nära vattnet. Från Källarberget kan stora havs- och kustområden överblickas, och platsen är ett välkänt lokalt utflyktsmål. Området i övrigt är lätt kuperat med mindre sankmarker. Typisk höjd över havsnivån är 5–10 meter. Avståndet från Sikhjälma till riksväg 76 vid Skärplinge är cirka 12 km längs länsvägarna 780 och 783 (bärighet BK1). Området kan även nås via Fagerviken på riksväg 782 (BK2) och därefter på små grusvägar.

Vid Sikhjälma finns en grund fiske- och fritidsbåtshamn. Fyren står på halvön Marskär. I den yttre delen av Sägsviken, sydost om Marskär, finns ett rymligt vattenområde med djup cirka 11 m. Flera områden med relativt djupt vatten nära strandlinjen finns längre österut utanför udden Källarberget och mellan fastlandet och ön Olsgrundet samt norr om Marskär.

Insegling till Sikhjälma sker rakt norrifrån på djupt och rymligt vatten mot ovannämnda fyr. Från denna infart kan hela området nås med kustfartyg efter kompletterande utprickning. Den befintliga, utprickade farleden till Fagerviken passerar Olsgrundet, men är trång i sin sydliga del.

Möjliga hamnlägen och åtgärdsbehov

En hamn med ett vattendjup av minst 6 meter för kustfartyg av Sigyns storlek kan anläggas på flera ställen inom området. Bukten syd om Källarberget och ost om ön Olsgrundet kan byggas ut till en hamn genom utfyllnad nära land och en vågbrytare mot norr. Hamnen erbjuder då ett gott våg- och vindskydd. Platsen är ett av de tre lokaliseringsalternativ för djupförvarets industrianläggningar som beskrivs närmare i kapitel 5.

Vattendjupet är 6–10 meter i området, och endast begränsad muddring erfordras. Området kan nås antingen från inseglingen till Sikhjälma fyr eller från farleden mot Fagerviken, vilket ger alternativa inseglingsleder beroende på väder- och issituation. Manöverutrymme finns mellan hamnläget och Olsgrundet samt norr därom, där dock grundet kan behöva fördjupas.

Även här måste vägar, parkeringsytor och liknande anläggas från grunden. Tillfartsvägarna behöver breddas och rätas ut för större anläggningsarbeten.

4.4 Geologiska förutsättningar

Geologiska förhållanden har avgörande betydelse för såväl förvarets långsiktiga säkerhet som förutsättningarna för att bygga och driva djupförvarets berganläggningar. En stor del av utredningsinsatserna i förstudien ägnas därför åt att sammanställa och utvärdera tillgänglig information om kommunens berggrund, jordtäcke och grundvattenförhållanden /15/. Resultaten redovisas bland annat i form av berggrunds- och jordartskartor i kommunskala samt översiktliga bedömningar av lokaliseringsförutsättningarna i olika delar av kommunen, sett ur ett geologiskt perspektiv.

När det gäller anläggningarna ovan jord har berggrunden inte någon stor betydelse för platsens lämplighet. Jordtäckets mäktighet och sammansättning är viktigare, men inte heller det är normalt sett någon avgörande faktor. Resultaten från det geologiska utredningsarbetet har ändå beaktats i diskussionen av möjliga lägen och utformningar av anläggningarna ovan jord (kapitel 5), eftersom det krävs rimlig närhet och koppling mellan dessa anläggningar och själva förvaret. Vidare utgör den berggrundsgeologiska informationen grunden för de översiktliga bedömningar som i detta skede kan göras av tekniska förutsättningarna för att bygga djupförvarets alla bergutrymmen.

I det följande sammanfattas viktiga resultat vad gäller berggrunden i Tierps kommun. Underlaget har hämtats från förstudiens geologiska utredningar /15/.

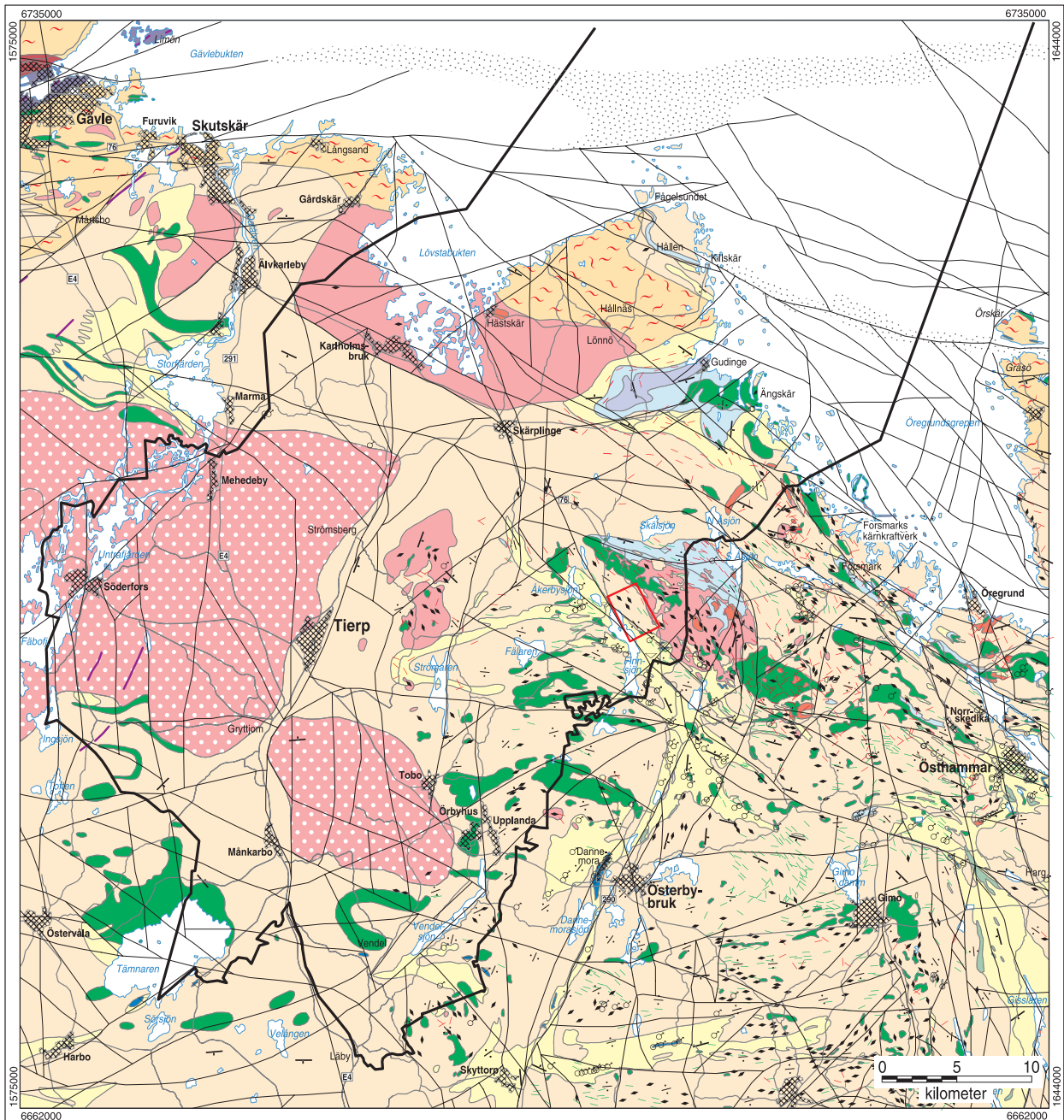
Figur 4-10 visar den berggrundsgeologiska karta som sammanställts i förstudien. Förutom förekommande bergarter har även sprickzoner (spröda deformationszoner) som kunnat tolkats i den aktuella skalan markerats. Kartan visar på ett flertal olika bergarter, men det är två typer av granitiska bergarter som dominerar bilden. Den ena är metagranitoider (beige på kartan). Dessa har bildats på stort djup i jordskorpan (djupbergarter) och är ofta påverkade av deformation i mer eller mindre plastiskt tillstånd, med bland annat förgnejsning som resultat. De förekommer ofta tillsammans med basiska djupbergarter (mörkgröna på kartan) och kan också vara mer eller mindre uppblandade med äldre så kallade ytbergarter (ljusgula).

Den andra huvudtypen av bergarter är mera välbevarade graniter som ofta betecknas ”yngre” (röda). Beteckningen ska inte ses i absoluta termer (graniterna bildades för mer än 1 500 miljoner år sedan) utan anger åldersrelationen i förhållande till omgivande bergarter. Till skillnad från metagranitoiderna är de yngre graniterna sällan påverkade av deformation i plastiskt tillstånd. Spår av spröd deformation, i form av sprickor och sprickzoner, finns i båda granittyperna.

Med utgångspunkt från den berggrundsgeologiska kartan och annan geologisk information har berggrundens lämplighet för ett djupförvar bedömts /15/. Resultatet sammanfattas i figur 4-11, som visar ett antal områden där berggrunden preliminärt bedömts som intressant för vidare undersökningar. Det bör understrykas att bedömningarna är osäkra, eftersom underlaget begränsar sig till undersökningar på ytan. Till osäkerheten bidrar bland annat det faktum att det i stora delar av kommunen är glest mellan berghällar där direkta observationer kan göras.

Med dessa reservationer kan man konstatera att stora områden i kommunen har berggrund som bedöms vara potentiellt gynnsam för ett djupförvar. De största områdena sammanfaller väl med utbredningen av yngre graniter, men även inom delar som täcks av metagranitoider finns områden av intresse.

I ett område söder om Tierps centralort visar kartan på förhöjd, naturlig gammastrålning. Detta sammanhänger med berggrundens halter av radioaktiva ämnen, främst uran och torium. Det kan i sin tur ha betydelse för arbetsmiljön vid byggande och drift av berg-



DJUP- OCH GÅNGBERGARTER

- Granit, ca 1500 milj. år (Strömsbrogranit)
- Granit, grovkornig och vanligtvis porfyrisk, ca 1780 milj. år (Hedesundgranit)
- Pegmatit, ca 1800 milj. år
- Granit, fin- till medelkornig, jämnkornig, ca 1800 milj. år
- Metagranitoid, ca 1890 milj. år
- Metagabbro och basisk bergart av osäkert ursprung, ca 1900–1890 milj. år
- Diabas
- Granit, pegmatit och aplit som gångar och små massiv
- Basisk gångbergart (amfibolit)

YTBERGARTER

- Sandsten, yngre än 1500 milj. år
- Metasedimentär bergart i allmänhet, ca 1900 milj. år
- Kvartsit, ca 1900 milj. år
- Marmor (kristallin kalksten), ca 1900 milj. år
- Metavulkanisk bergart, sur till intermediär, ca 1900 milj. år
- Metavulkanisk bergart, basisk, ca 1900 milj. år

BERGARTER AV VARIERANDE URSPRUNG

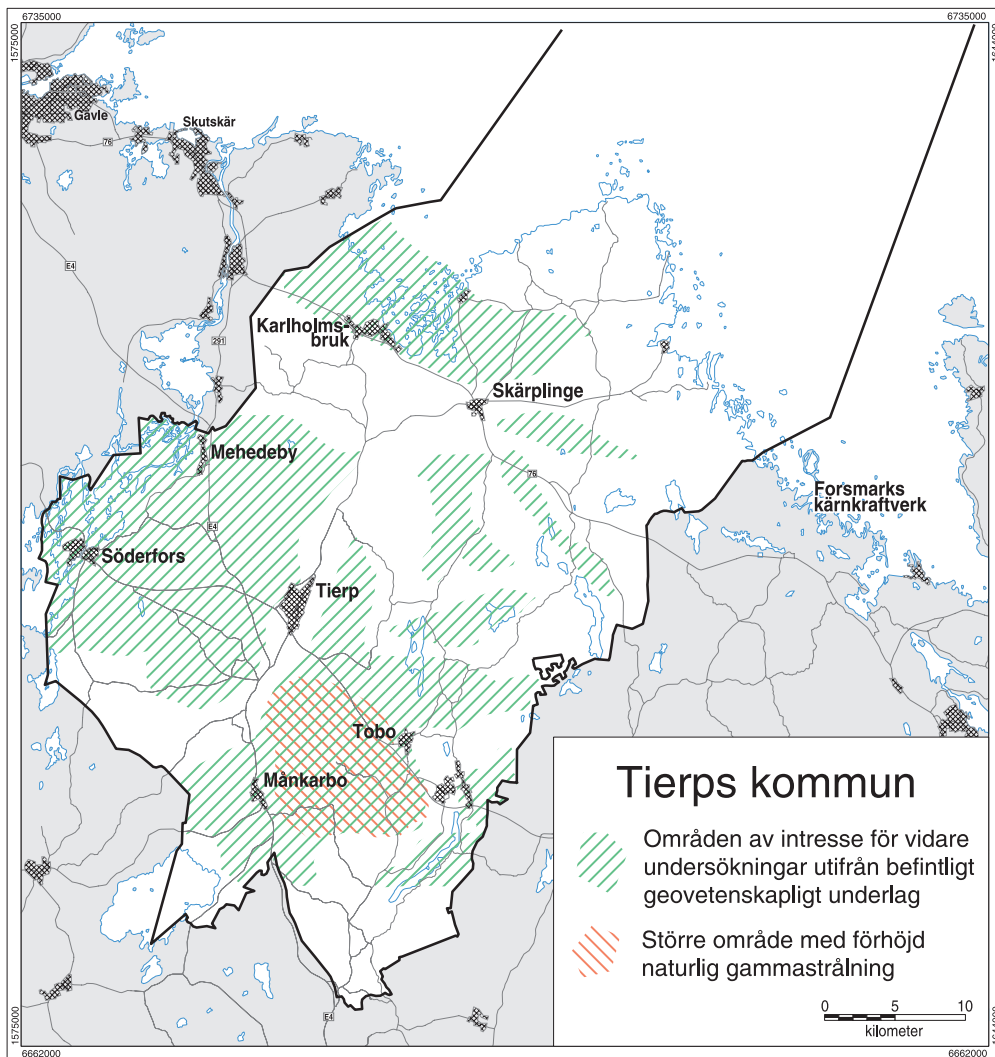
- Migmatit och ådergnejs

- Inneslutning av äldre bergart i yngre
- Nedlagd gruva eller skärpning (järnmalm)
- Nedlagd gruva eller skärpning (sulfidmalm)
- Stenbrott i kristallin kalksten
- Förskifring och lagring
- Förskifring och lagring med vertikal stupning
- Sprickzon
- Bred lågmagnetisk zon under havet, sannolikt av tektoniskt ursprung
- Kommungräns
- SKB-typområde Finnsjön

SGU
Sveriges Geologiska Undersökning

GeoVista

Figur 4-10. Berggrundsgeologisk karta över Tierps kommun med omnejd (från /15/).



Figur 4-11. Områden i Tierps kommun där berggrunden bedöms vara potentiellt gynnsam för ett djupförvar (från /15/).

anläggningar eftersom det påverkar potentialen för radonproblem i anläggningarna. Hur detta bör beaktas när det gäller lokaliseringen av djupförvaret diskuteras närmare i avsnitt 4.5.

Även jordtäcket studeras i de geologiska utredningarna (jordarters utbredning, bedömningar av mäktighet m m). Inget har dock framkommit som tyder på ovanliga eller ur anläggningsteknisk synpunkt besvärliga förhållanden i någon del av kommunen. Utvärderingar med avseende på bärighet för grundläggning mm kan göras först när konkreta platser aktualiserats, inte i nuvarande skede.

4.5 Bergtekniska förutsättningar

4.5.1 Allmänt

Valet av plats för djupförvaret styrs av en rad krav och önskemål knutna i första hand till anläggningens långsiktiga säkerhet men också till teknisk genomförbarhet och arbetsmiljö. Till grundkraven hör att berggrunden måste ha sådana egenskaper att alla arbeten i samband med byggande och drift kan utföras så att krav på personsäkerhet och arbets-

miljö i övrigt uppfylls, med känd teknik och med god kontroll på erforderliga arbetsinsatser, tidsåtgång och kostnader. Det innebär bland annat att stabila tunnlar och schakt skall kunna konstrueras samt att bergdriften skall kunna ske med god kontroll på stabilitet och vatteninläckning.

Allmänt ger relativt sprickfattigt berg av god kvalitet och med få större sprickzoner byggtkniska fördelar. En enhetlig geologisk miljö med homogena och enkla bergförhållanden ger också fördelar i form av bland annat goda möjligheter att förutsäga byggförhållandena och få ett rationellt byggande. Starkt inhomogen berggrund liksom mycket höga eller på annat sätt onormala bergspänningar kan innebära direkt olämpliga förhållanden för ett djupförvar. Sammantaget kan man säga att de bergförhållanden som är önskvärda ur byggsynpunkt sammanfaller väl med vad som eftersträvas ur säkerhetsmässig synpunkt.

4.5.2 Bedömningsunderlag

Det underlag som finns tillgängligt i förstudieskedet tillåter relativt detaljerade värderingar av olika alternativ vad gäller anläggningarna ovan jord. Så är inte fallet när det gäller placering och utformning av djupförvarets berganläggningar eller de tekniska förutsättningarna för att bygga och driva dessa anläggningar. För att fullt ut kunna värdera dessa faktorer krävs kunskap om bergförhållandena på plats, vilket bara kan fås genom direkta undersökningar.

De bergtekniska bedömningar som kan göras i förstudien blir därmed översiktliga, i paritet med den geologiska information som finns tillgänglig. De baseras i stor utsträckning på allmän kunskap om byggande och drift av berganläggningar i aktuell geologisk miljö och generella data om djupförvarets planerade utformning.

Sammantaget finns det betydande erfarenhet av bergbyggande av det slag, och i den miljö, som blir aktuellt för djupförvaret. En generell slutsats är att det urberg som täcker merparten av Sveriges yta ger goda förutsättningar för bergbyggnad. En viktig orsak är att de dominerande bergarterna har hög hållfasthet. Studerar man erfarenheterna från olika regioner inom urbergsområdet så finner man att det är svårt att peka ut några avgörande regionala skillnader i förutsättningarna /16/. De variationer som uppträder i lokal skala – t ex vid övergång från en bergart till en annan – har ofta långt större betydelse för byggmiljön än eventuella regionala särdrag.

Djupförvaret kommer att innefatta tunnlar, bergrum och schakt i ett flertal varianter. Varken dimensionerna på dessa bergutrymmen eller deras utformning i övrigt skiljer sig från vad som är vanligt i gruvor och andra berganläggningar. Speciella krav kan komma att ställas på täthet mot vatteninläckning, skadezoner från brytning samt metoder och material för tätning och bergförstärkning. Förläggningsdjupet för djupförvaret – cirka 500 m – är jämförbart med typiska djup för underjordsgruvor i Sverige och utomlands, men större än vad som är vanligt för andra berganläggningar. Djupet är en väsentlig parameter när erfarenheter från andra anläggningar används som grund för bedömningar, eftersom byggförhållandena är djupberoende i viktiga avseenden. Vidare kommer djupförvaret att omfatta en större yta (några kvadratkilometer) än de flesta andra berganläggningar. Det innebär att man med stor sannolikhet kommer att möta förhållanden som varierar inom ganska vida gränser, eftersom viktiga geologiska parametrar erfarenhetsmässigt kan variera mycket lokalt.

I det följande diskuteras först faktorer som generellt är viktiga ur bergbyggnadssynpunkt. Därefter redovisas de bedömningar som görs för Tierps kommun.

4.5.3 Viktiga faktorer

Generellt kan man peka på två faktorer som har avgörande betydelse för byggande och drift av berganläggningar, nämligen:

- Stabilitetsförhållanden i de bergutrymmen som tillskapas.
- Grundvattnets effekter, i form av inläckage till anläggningen m m.

Dessa faktorer är beroende av såväl berg- som konstruktionsparametrar. Här behandlas några viktiga bergparametrar närmare, eftersom dessa står i fokus vid bedömningar av lokaliseringsförutsättningarna. Vidare omnämns några andra faktorer som kan vara av betydelse, däribland möjliga arbetsmiljöproblem till följd av höga radonhalter.

Stabilitet

Begreppet ”bergets stabilitet” kan i djupförvarssammanhang associeras till radikalt olika företeelser. En geolog tänker kanske främst på geologiska processer eller jordskalv och de effekter dessa fenomen kan ha på förvarets funktion. En bergbyggare associerar snarare till parametrar som spännvidd på bergrum, borrplan, säkerhet mot stenedfall i en tunnel, behov av bergförstärkning och annat som har direkt med byggande och drift att göra. Det är den innebörd som bergbyggaren lägger i stabilitetsbegreppet som avses här.

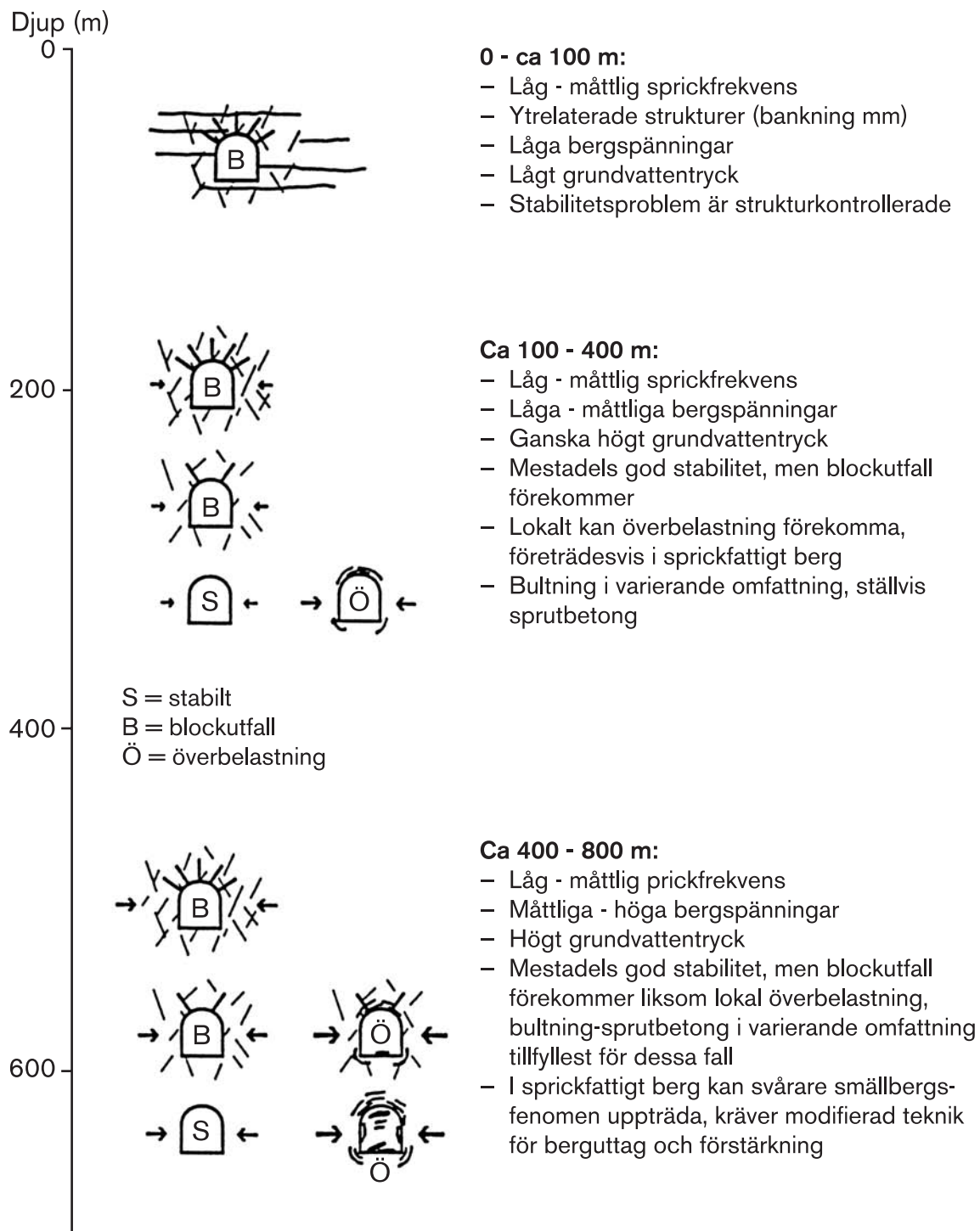
De egenskaper hos berggrunden som påverkar stabilitetsförhållandena i en berganläggning är principiellt belastningarna – bergspänningarna – och bergmassans egenskaper som konstruktionsmaterial – bergkvalitén.

De spänningar som råder i berggrunden kan ytterst spåras till gravitationen (bergets egentyngd) och yttre krafter relaterade till storskaliga geologiska processer som kontinentalförskjutning och erosion. Bergspänningarna ökar generellt med djupet, men uppvisar betydande variationer i regional och lokal skala. I svenskt urberg är den dominerande belastningen i regel mer eller mindre horisontell. Typiska värden för bergspänningarna på 500 meters djup är 10–25 MPa (cirka 100–250 kp/cm²).

Bergkvalitén styrs av en rad parametrar varav bergartens hållfasthet, sprickgeometrin (frekvens, orientering, utbredning) och sprickornas hållfasthetsegenskaper är de viktigaste. Alla dessa egenskaper är funktioner av bergets geologiska historia, varför bergkvalitén i högre grad än bergspänningarna är knuten till den lokala geologin. Förhållandena kan växla avsevärt mellan olika geologiska enheter. Större sprickzoner uppvisar ofta radikalt sämre bergkvalitet än bergmassan i gemen. Lägen och karaktär på sprickzoner är därför viktiga parametrar ur byggsynpunkt.

Beroende på kombinationen av belastningar och bergkvalitet (och en rad konstruktionsparametrar) kan stabilitetsproblem av olika slag förekomma i berganläggningar. För att få fullgod stabilitet krävs i regel någon form av bergförstärkning. Bergbultar, dvs stålstänger som gjuts eller spänns in i borrhål är den vanligaste metoden för bergförstärkning. Även betongsprutning av bergytorna är vanligt. I svårare fall, t ex vid passage av sprickzoner med mycket dåligt berg, kan det krävas tyngre konstruktioner av stål eller betong för att hålla utrymmet stabilt.

Figur 4-12 illustrerar tänkbara förhållanden i tunnlar inom det djupintervall som djupförvarets bergutrymmen innefattar. Det troliga scenariot ändras med djupet, mest beroende på den successiva ökningen av bergspänningarna. Generellt kännetecknas anläggningar i svenskt urberg av goda stabilitetsförhållanden även om det finns välkända undantag. De problem som förekommer är till övervägande del blockutfall i varierande



Figur 4-12. Tänkbara stabilitetsförhållanden i tunnlar på olika djup.

omfattning. Blocken formas av sprickorna i bergmassan och stabiliteten styrs i hög grad av sprickgeometrin i relation till tunneln. Bultning är den vanligaste åtgärden för bergstabilisering i denna miljö men även sprutbetong och nätning används.

Bergspänningarna kan ha både positiv och negativ inverkan på stabiliteten. Måttliga belastningar är i regel gynnsamma därför att de "låser" bergblocken vid varandra vilket skapar bärkraftiga valv ovanför tunnlarna. Detta är den normala situationen på aktuella djup. Om spänningarna är höga kan man dock få oönskade effekter i form av sönderbrytning av berget närmast tunneln. Under vissa förutsättningar kan sådan överbelastning leda till så kallat smällberg, som innebär att sönderbrytningen sker plötsligt, varvid bergskivor kan kastas ut från bergytan. Till skillnad från andra stabilitetsproblem uppträder smällberg företrädesvis i sprickfattigt berg med hög hållfasthet. Sönderbrytningen förutsätter att belastningarna överskrider hållfastheten, varför smällberg är ovanligt, utom på stora djup. Undantag finns, och man har i vissa fall observerat smällbergsfenomen på djup mindre än 200 m. Konsekvenserna av de skador på berget som uppstår varierar inom mycket vida gränser. Smärre belastningsskador har ringa inverkan på drivningen och tillhör vardagen i många anläggningar, särskilt gruvor. Smällberg i större omfattning kan vara en allvarlig störningskälla som kräver anpassning av drivningsteknik och bergförstärkning.

Större sprickzoner kan uppvisa en bergkvalitet som är starkt varierande och radikalt sämre än det "normala" berget. Hög sprickfrekvens liksom närvaro av kemiska och mekaniska omvandlingsprodukter med ibland jordliknande egenskaper bidrar till låg bärförmåga hos berget. Extrabelastningar i form av svällande leror eller, på större djup, höga vattentryck kan ytterligare försämra stabiliteten. Tunneldrivning genom sprickzoner kan därför kräva modifierad drivningsteknik och helt andra förstärkningsinsatser än i omgivande berg.

Grundvatten

Den för byggande och drift viktigaste konsekvensen av grundvattnet är inläckage till anläggningen. Bergmassans vattengenomsläpplighet (konduktivitet) har avgörande betydelse för inläckningen. Konduktiviteten avgörs framförallt av spricksituationen, som alltså har stor betydelse för både stabilitet och täthet. Sprickzoner har ofta långt högre konduktivitet än det omgivande berget och fungerar då som huvudsakliga transportleder för grundvatten. Tunneldrivning genom sprickzoner kan därför åtföljas av stora vatteninläckage om inte speciella tätningsåtgärder vidtas. Även enskilda sprickor i för övrigt bra berg kan vara kraftigt vattenförande.

Även grundvattentrycket har betydelse för inläckningen. Vattentrycket i ostört berg ökar proportionellt med djupet under grundvattenytan, varför inläckage kan bli väsentligt svårare att hantera med ökande djup. Höga grundvattentryck kan i vissa fall också utgöra ett hot mot stabiliteten i en tunnel, företrädesvis i zoner med dålig bergkvalitet.

Kontroll av vatteninläckningen är nödvändig av flera skäl. Dels måste tillflödet begränsas för att byggande och drift skall kunna ske med fullgod personsäkerhet och effektivitet, dels vill man begränsa påverkan på grundvattensystemet i sin helhet, eftersom störningar kan ge omgivningspåverkan i form av sänkt grundvattennivå. Vidare kan inläckande vatten orsaka åldringsfenomen i form av korrosion av bergförstärkning och andra installationer, i vissa bergarter även vittring av exponerade bergytor. Detta kan påverka behovet av kontroll och underhåll av anläggningen. Grundvattnets kemiska sammansättning har stor betydelse i sammanhanget. Höga salthalter i vattnet kan exempelvis ge starkt korrosiv miljö, med speciella material- och konstruktionskrav på installationer som följd.

Där så behövs kommer inläckaget till djupförvarets berganläggningar att begränsas med tätningsåtgärder. Den viktigaste tätningsmetoden är injektering, varvid tätningsmedel pressas ut i bergmassan via borrhål. Injektering kan göras framför drivningsfronten (förinjektering) eller i efterhand (efterinjektering). Olika tätningsmedel finns att tillgå, de flesta baserade på cement. Alla tätningsmedel kommer att granskas noga med avseende på eventuella hälso- och miljöeffekter innan de tas i bruk.

Radon

Radon i bostäder är ett välkänt hälsoproblem som uppmärksammas alltmer på senare år. Det har sin motsvarighet i berganläggningar där det under vissa omständigheter kan utgöra ett arbetsmiljöproblem. Radon är en ädelgas som bildas när grundämnet radium sönderfaller. Radongasen sönderfaller i sin tur i så kallade radondöttrar, som är radioaktiva metalljoner. Processen ingår i den långa sönderfallskedja som börjar med uran och slutar med bly. En likartad kedja som utgår från torium ger upphov till så kallad torongas, som är en annan radonisotop.

Den strålning som når människan utifrån då radongas i omgivningen sönderfaller når endast i undantagsfall sådana nivåer att den utgör en fara. Huvudproblemet är istället radondöttrar som kan transporteras till människokroppen, via inandningsluft eller dricksvatten, och där kan fastna i vävnader och avge strålning av olika slag.

I berganläggningar kan radongas avges till luften från bergytor och inläckande grundvatten. Tillförseln styrs av de naturliga uranhalterna i berggrunden och av en rad konstruktionsparametrar. Det uran som finns bundet i berget avger mätbar strålning. Uranhalter kan därför beräknas ur strålningsmätningar som görs från marken eller från flygplan. Mera exakta bestämmningar kan ganska enkelt göras på hållar eller i borrhål. Detta ger i sin tur möjlighet att beräkna radiumhalterna, och därmed berggrundens ”radonpotential”.

De halter som fås i en anläggning styrs emellertid också av bergets vattenförande egenskaper, samt av en rad konstruktionsparametrar. Ventilationen är den viktigaste, men även anläggningens geometri och mängden inläckande grundvatten har stor betydelse. Exempel på åtgärder som kan vidtas för att begränsa radonhalterna är förbättrad ventilation, skärmad bortledning av vatten och betongsprutning av bergytor.

Gränsvärden för radonexponering i underjordsanläggningar finns etablerade, och mycket tyder på att dessa kommer att skärpas i framtiden. I flertalet berganläggningar krävs inga särskilda åtgärder för att nedbringa radonhalterna. Undantag finns emellertid, däribland anläggningar belägna i eller nära områden med förhöjda uranhalter där det krävs omfattande åtgärder.

Förutsättningarna för radonproblem i en djupförvarsanläggning och möjliga åtgärder för att hantera sådana problem har utretts tidigare /17/. Allmänna slutsatser är att radonförekomsten kan bli dimensionerande för ventilationsbehovet om anläggningen förläggs i berggrund där de naturliga uranhalterna är förhöjda. Vidare att det finns goda möjligheter att undvika problemet genom att anpassa anläggningens läge och utformning till lokala förutsättningar.

4.5.4 Data från kommunen och regionen

Bergarter och deformationszoner

Förstudiens geologiska utredningar har visat att det i första hand är i områden med olika typer av graniter (metagranitoider och yngre graniter) som det kan finnas goda förutsättningar för att lokalisera ett djupförvar. Graniter betraktas generellt som gynnsamma för berganläggningsändamål. Eventuella problem i form av dåligt berg och/eller hög vattenföring brukar i hög grad vara knutna till deformationszoner eller intruderade gångar av andra bergarter. I sådana zoner eller gångar kan bergförhållandena vara markant sämre än i bergmassan i övrigt.

Inom de områden som bedömts som intressanta för vidare studier (figur 4.11) förekommer såvitt kan bedömas sprickzoner i en omfattning som är normal för svenskt urberg. Vidare berörs delar av kommunen av stora skjuvzoner som bildar breda stråk inom vilka berggrunden är mer eller mindre deformerad (ej markerade i figur 4.11). Vissa partier kan vara starkt deformerade och inhomogena, medan andra är väl bevarade. Stråk med starkt deformerad berggrund kommer att undvikas vid eventuella vidare undersökningar i mera detaljerad skala.

Metagranitoider

Några av de områden som enligt figur 4.11 kan vara av intresse domineras av så kallade metagranitoider (se avsnitt 4.4). Praktiska erfarenheter från bergbyggnad i denna typ av berggrund kan hämtas från anläggningarna i Forsmark. Vidare finns data från omfattande borrhålsundersökningar i Finnsjöområdet.

Forsmark

Berganläggningarna i Forsmarksområdet omfattar bland annat SFR-anläggningen och två tunnlar som leder kylvatten från reaktorerna till Östersjön. Hela området ligger inom en lins med relativt väl bevarad berggrund, omgiven av betydande skjuvzoner. Förutom ovan nämnda anläggningar finns ett flertal borrhål i området, varav ett par når större djup. Bergtekniska data och erfarenheter från anläggningar och borrhål Forsmark har sammanställts i andra sammanhang /18/. En huvudslutsats är att bergförhållandena inte skiljer sig från vad som är normalt i svenskt urberg. Ett bra bevis för det är att såväl byggande som åtskilliga års drift av anläggningarna har fungerat väl.

Flera av tunnarna i området passerar en känd förkastningszon, den så kallade Singöförkastningen. Det gäller bland annat tillfartstunnarna till SFR-anläggningen. Tunnelbyggena genom Singöförkastningen väckte en del uppmärksamhet, men var bergtekniskt sett varken mer eller mindre besvärliga än vad som var att förvänta. Driften av anläggningen har inte störts av förkastningen.

Finnsjön

Finnsjöområdet, beläget nära gränsen till Östhammars kommun, är en av många platser där SKB gjort geovetenskapliga undersökningar i syfte att öka kunskapen om förhållandena på djupet i olika urbergsmiljöer /19/. Platsen har också nyttjats för att specialstudera sprickzoners egenskaper och som beräkningsexempel för säkerhetsanalyser /20/. Undersökningarna har inte innefattat några schakt eller tunnlar, men väl omfattande kartläggningar från ytan och i ett flertal djupa borrhål, det flesta inom ett cirka 6 km²

stort område. De bergtekniska bedömningar som gjorts baserade på borrhålsdata visar att Finnsjöområdet skulle lämpa sig väl för bergbyggnad /18, 21/. Till grund för den bedömningen ligger bland annat att data överlag visar på god bergkvalitet, måttliga belastningar och ringa vattengenomsläpplighet. Liksom på de flesta andra håll uppvisar de sprickzoner som finns i området andra egenskaper än bergmassan i övrigt, och skulle därför ha en styrande inverkan på placering och utformning av en berganläggning.

Yngre graniter

Den andra huvudtypen av bergarter som är av intresse i Tierps kommun är så kallade yngre graniter. Granit av denna typ finns i ett stort område väster om Tierp (den så kallade Hedsundagraniten) och i ett mindre söder om Tierp, se figur 4-10. Erfarenheterna av bergbyggande i yngre graniter är jämförelsevis begränsade, särskilt på större djup. De data som finns vittnar om homogen berggrund med goda hållfasthetsegenskaper, ofta låg sprickfrekvens och därmed goda byggegenskaper. På större djup kan eventuellt höga bergspänningar ge stabilitetsproblem. En annan faktor som i enskilda fall kan kräva särskild uppmärksamhet är potential för radonproblem, till följd av höga, naturliga uranhalter. Mer om detta i ett senare avsnitt.

Ett område i norra delen av kommunen (runt Lövstabukten) benämns på äldre kartor som Stockholmsgranit. Som namnet indikerar är denna granittyp vanlig i Stockholmsområdet, där den är välkänd från många tunnlar och anläggningar. Erfarenheterna är generellt sett goda. I den mån den aktuella graniten i Tierp är jämförbar med stockholmsområdets graniter när det gäller tekniska egenskaper kan man därför förvänta sig goda förutsättningar för bergbyggnad.

Bergspänningar

Bergspänningsmätningar har gjorts i ett borrhål i Finnsjöområdet /19/. Mätningarna täckte djupintervallet ner till cirka 500 m, och visade på i alla avseenden normala bergspänningar. Såvitt bekant är detta den enda plats i kommunen där mätningar gjorts.

Betraktas regionen kan man konstatera att arbetena i Forsmark inte givit några indikationer på ogynnsamma spänningsförhållanden. Detsamma gäller övriga berganläggningar i regionen. Med undantag för några gruvor, främst Dannemora belägen i Östhammars kommun (drygt 600 meter djup), når dock de anläggningar som finns inte djup som är jämförbara med planerat förvarsdjup. SFR-anläggningens djupaste delar ligger exempelvis cirka 140 meter under havsnivån. Av det skälet är erfarenheterna vad gäller bergspänningar inte direkt överförbara. Nämnas kan att borrhålsmätningar i Forsmark indikerade avsevärt förhöjda bergspänningar lokalt på cirka 300 meters djup, sannolikt relaterat till en sprickzon. Några motsvarande indikationer finns inte från berganläggningarna.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att bergspänningarna, till skillnad från bergkvalitén, inte kan bedömas utifrån översiktlig geologisk information av det slag som sammanställs i förstudien. De få mätdata som finns från kommunen och regionen indikerar dock normala förhållanden. Erfarenhetsmässigt är inte graniter speciellt utsatta för höga eller onormala bergspänningar, men sådana kan inte heller uteslutas. De stabilitetsproblem som kan bli följden i berganläggningar gynnas av förhållanden med homogent, sprickfattigt och sprött berg. Det ligger närmare till hands att förvänta sig sådana förhållanden i de relativt väl bevarade yngre graniterna än i metagranit.

Grundvatten

Tillgänglig information om grundvattenförhållandena i Tierps kommun har sammanställts i en av förstudiens utredningar /22/. De data som finns om berggrundens vattengenomsläpplighet kommer huvudsakligen från bergborrade brunnar, som täcker djupintervallet ner till cirka 100 meter. Från större djup finns data endast lokalt från Finnsjöområdet.

Det är svårt att se något i det underlag som finns om grundvattnet som föranleder särskilda anmärkningar med avseende på förutsättningar för bergbyggnad. Brunnensdata visar överlag på normal vattenföring och det går inte att fastlägga några distinkta skillnader i vattengenomsläpplighet mellan olika huvudbergarter.

Grundvattenflödet kan i hög grad förväntas ske i sprickzoner och enskilda, genomsläppliga sprickor. Data från Finnsjöområdet styrker denna bild. Potentialen för inläckage i en berganläggning, eventuellt med grundvattenavsänkning som följd, beror därmed framför allt av läge och egenskaper på de sprickor och sprickzoner som anläggningen berör. Detta är lokala faktorer som måste bestämmas genom undersökningar på plats. Vidare innebär kustläget och den låglänta terrängen att salt grundvatten kan förväntas på större djup, med de effekter detta kan ha på drift och underhåll i en berganläggning.

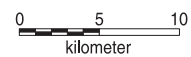
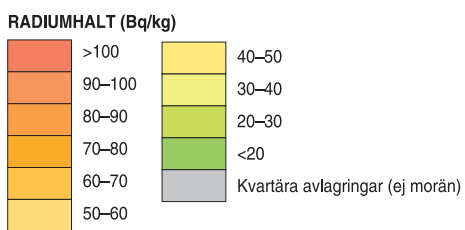
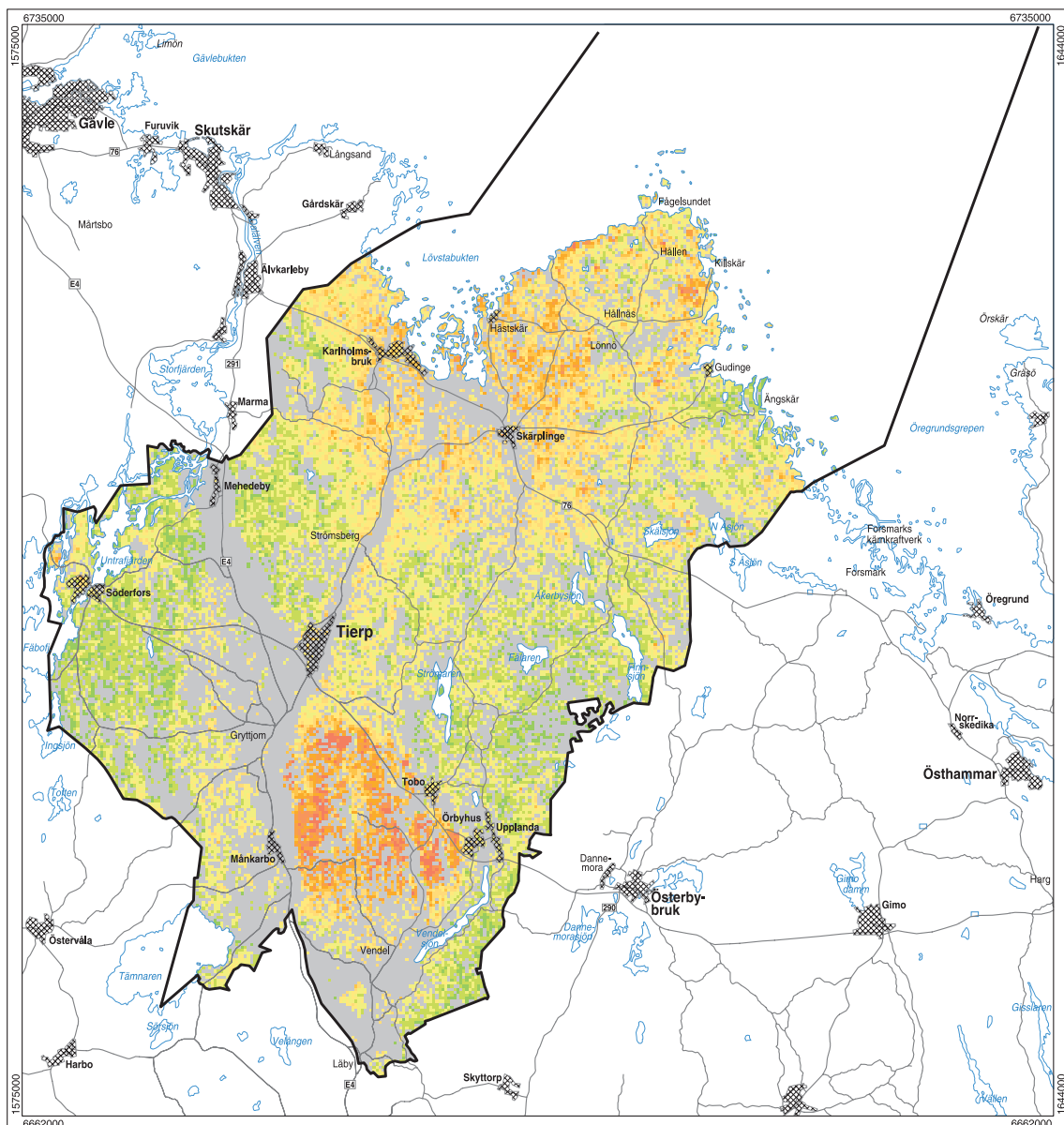
Radon

Den allmänna bakgrunden till radon som ett möjligt arbetsmiljöproblem i berganläggningar beskrivs i avsnitt 4.5.3. Flyg- eller markmätningar av naturlig strålning från jord och berg kan användas för att få en uppfattning om berggrundens "radonpotential". För Tierps kommun har berggrundens radiumhalter (modernuklid till radon) beräknats på basis av flygradiometriska mätningar /15/. Resultatet visas i figur 4-13. Radiumhalter på upp till 30 becquerel per kilo (Bq/kg) är normala, medan halter över cirka 50 Bq/kg kan betecknas som förhöjda. För vissa områden (gråstrerade på kartan) saknas värden därför att jordlagren där har en sammansättning som omöjliggör tillförlitliga beräkningar. För större delen av det område som täcks av kartan är radiumhalterna normala till svagt förhöjda, men avvikande områden finns.

I den södra delen av kommunen finns ett område där radiumhalten är markant förhöjd. Utbredningen sammanfaller i stort med ett massiv av yngre granit, se figur 4-10. Strax väster om kommungränsen finns ett liknande område som i någon mån också berör kommunens västligaste delar. Även i den norra kommundelen finns spridda områden med måttligt förhöjda radiumhalter, runt Karlholmsbruk och Skärplinge samt på Hållnäs-halvön.

Förhöjningar av berggrundens radiumhalter i den omfattning som rapporterats för nämnda områden kan påverka konstruktionsförutsättningarna för berganläggningar. För att begränsa radonhalterna kan det exempelvis krävas extra ventilation eller särskilda arrangemang för skärmd bortledning av inläckande grundvatten. En annan effekt kan vara att radonavgång från de bergmassor som produceras vid utbyggnaden begränsar möjligheterna att nyttja dessa för byggändamål.

De förhöjda radiumhalterna är inte att se som en faktor som utesluter en djupförvarslökalisering till något av de aktuella områdena, men väl en faktor att särskilt uppmärksamma vid eventuella vidare undersökningar. Noggranna bestämningar av berggrundens "radonpotential" bör därför göras, från ytan och i borrhål. Med det som grund kan möjliga konsekvenser vad avser platsens lämplighet eller behov av att anpassa anläggningarna utvärderas.



SGU
Sveriges Geologiska Undersökning

Figur 4-13. Berggrundens radiuminnehåll i Tierps kommun (från /15/).

4.5.5 Bedömning

Det är viktigt att observera att förutsättningarna för att bygga och driva anläggningarna under jord inte kan utvärderas med samma precision eller tillförlitlighet som förutsättningarna för anläggningar och infrastruktur ovan jord. Skillnaden beror på att de bergtekniska bedömningarna kräver geologisk information som bara kan fås genom direkta undersökningar.

Med dessa reservationer är den allmänna slutsatsen att de delar av kommunen där berggrunden bedömts som intressant för ett djupförvar ur säkerhetsmässig synvinkel, även bedöms erbjuda en realistisk och sannolikt gynnsam miljö för bygge och drift av anläggningarna. Denna bedömning grundar sig främst på allmän erfarenhet av bergbyggande i jämförbar geologisk miljö.

En viktig faktor som kan bestämmas endast genom borrhålmätningar är vilka belastningsförhållanden (bergspänningar) som råder på djupet. Inget tyder på onormala förhållanden, men sådana kan inte heller uteslutas. Det gäller i högre grad i områden med yngre graniter än i områden med metagranitoider. Andra faktorer som bör uppmärksammas särskilt vid eventuella fortsatta undersökningar är förekomsten av salt grundvatten, samt i vissa områden möjliga radonproblem i djupförvarets berganläggningar till följd av lokalt förhöjda radiumhalter i berggrunden.

En byggtekniskt viktig förutsättning är, här som annorstädes, att förvaret kan placeras så att större sprickzoner undviks, och/eller utformas så att sprickzoner i den berörda bergvolymen inte får oacceptabel inverkan på tunnelstabilitet eller vatteninläckning. Utformningar där djupförvaret ligger sidoförskjutet i förhållande till driftområdet ovan jord innebär ändå att tillfartstunneln sannolikt måste passera någon eller några större sprickzoner. Detta ses inte som något tekniskt hinder, men det kan krävas mer eller mindre omfattande åtgärder för att säkra tunnelns stabilitet och framförallt för att kontrollera inläckningen av grundvatten. Det senare är viktigt med avseende på såväl bygge och drift, som möjliga miljöeffekter på ytan ovanför tunneln.

5 Lokaliseringsalternativ i Tierps kommun

5.1 Allmänt

Placeringen av djupförvarets berganläggningar styrs väsentligen av var det finns berggrund med lämpliga egenskaper. Förstudiens geologiska utredningar /15/ visar på områden i Tierps kommun där berggrunden preliminärt bedöms vara lämplig. Däremot saknas det i detta skede underlag för en exakt placering. Anläggningarna i markplanet bör placeras på rimligt avstånd från berganläggningarna, och på lämpligt sätt i förhållande till nuvarande markanvändning, bebyggelse, infrastruktur i form av vägar, järnvägar m m. Med detta som utgångspunkt har förslag till lokalisering av anläggningarna ovan jord tagits fram.

5.1.1 Målsättning

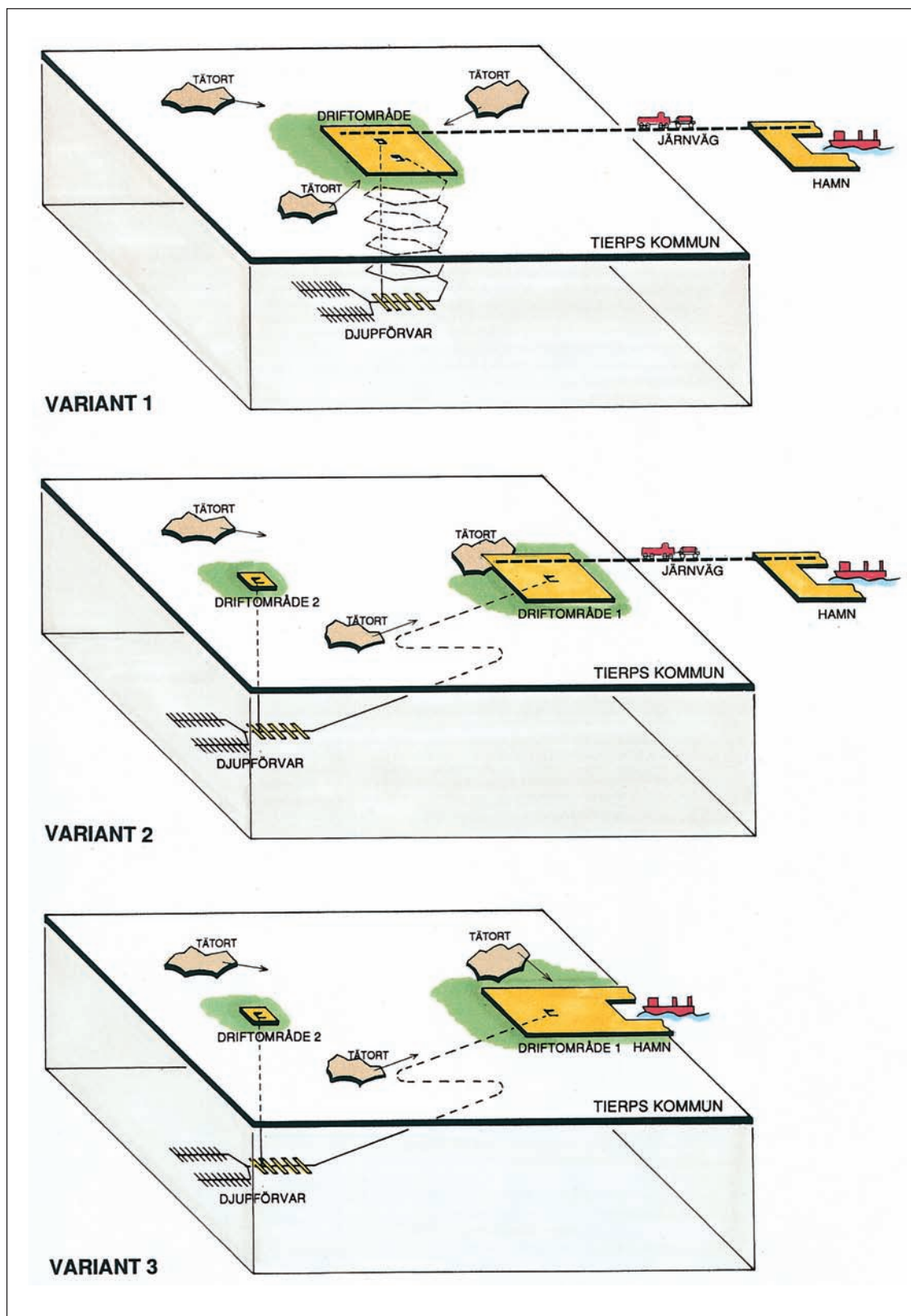
Ett givet grundkrav för de förslag som utarbetats är att byggande och drift av anläggningarna ska kunna ske med god funktion och hög säkerhet. Vidare måste områden och platser som aktualiseras för driften ovan jord finnas inom eller rimligt nära områden som preliminärt bedöms ha goda geologiska förutsättningar att hysa förvaret. Utöver dessa grundkrav har aspekter kopplade till näringslivsutveckling beaktats, om än i översiktlig bemärkelse. Slutligen har följande eftersträvats då förslagen tagits fram:

- utnyttjande av befintlig infrastruktur,
- begränsat markintrång,
- anpassning till konkurrerande intressen,
- måttliga transportavstånd,
- hänsynsfull anpassning till befintlig bebyggelse,
- tilltalande miljö och god arkitektur,
- långsiktiga lösningar,
- rimliga kostnader,
- lyhördhet för lokala synpunkter.

5.1.2 Principlösningar

En sammanvägning av behov och förutsättningar med förhållandena i Tierps kommun har det visat att det är möjligt att utforma anläggningarna på flera, principiellt olika sätt. Tre olika alternativ har antagits, se figur 5-1:

- Den översta varianten i figuren innebär att driftverksamheten på ytan samlas till en plats, belägen rakt ovanför förvaret. Platsen ligger inom rimliga avstånd från tätorter, men saknar användbar infrastruktur. Anläggningar och trafikanslutningar får därför byggas upp "från noll" (så kallad green-field anläggning). Transporter sker på järnväg från en hamn belägen utanför kommunen.



Figur 5-1. Djupförvar i Tierp – alternativa principlösningar.

- Den mellersta varianten i figur 5-1 innebär att huvuddelen av driften förläggs i anslutning till en tätort. Befintlig infrastruktur och samhällsservice kan nyttjas i större eller mindre grad. Förvaret placeras med hänsyn till berggrunden och inom rimligt avstånd. Ett mindre driftområde etableras rakt ovanför förvaret. Transporter sker även i detta fall på järnväg från en hamn utanför kommunen.
- Den tredje varianten innebär att en ny hamn byggs i kommunen och att huvuddelen av driften förläggs i direkt anslutning till hamnen. Även i detta fall etableras ett mindre driftområde ovanför förvaret.

5.1.3 Tre lokaliseringsförslag

En detaljerad studie av förhållandena i Tierps kommun har visat att ett djupförvar utformat enligt variant 1 i figur 5-1 skulle kunna lokaliseras till en plats någonstans i skogslandskapet i kommunens inre delar, se figur 5-2. För en utformning enligt variant 2 skulle Karlholmsbruk vid Lövestabukten kunna vara en lämplig lokaliseringsplats. För en utformning enligt variant 3 slutligen, skulle Svartviken, nordost om Karlholmsbruk, kunna erbjuda lämpliga förutsättningar.

För dessa tre lokaliseringsalternativ – ”**Inlandet**”, **Karlholmsbruk** och **Svartviken** – har förslag till platsanpassade lösningar tagits fram. Förslagen omfattar anläggningar och verksamheter på ytan, inklusive tillhörande transporter, men inte deras motsvarigheter under jord. Av skäl som beskrivits tidigare är det i detta skede inte möjligt att föreslå någon specifik plats för de bergförlagda anläggningarna, än mindre diskutera hur deras utformning kan platsanpassas.

Förslagen presenteras relativt detaljerat, men ska ändå ses som preliminära. Det är självfallet så att eventuella vidare lokaliseringsstudier i kommunen kan förändra bilden. Det gäller inte minst de geologiska förutsättningarna.

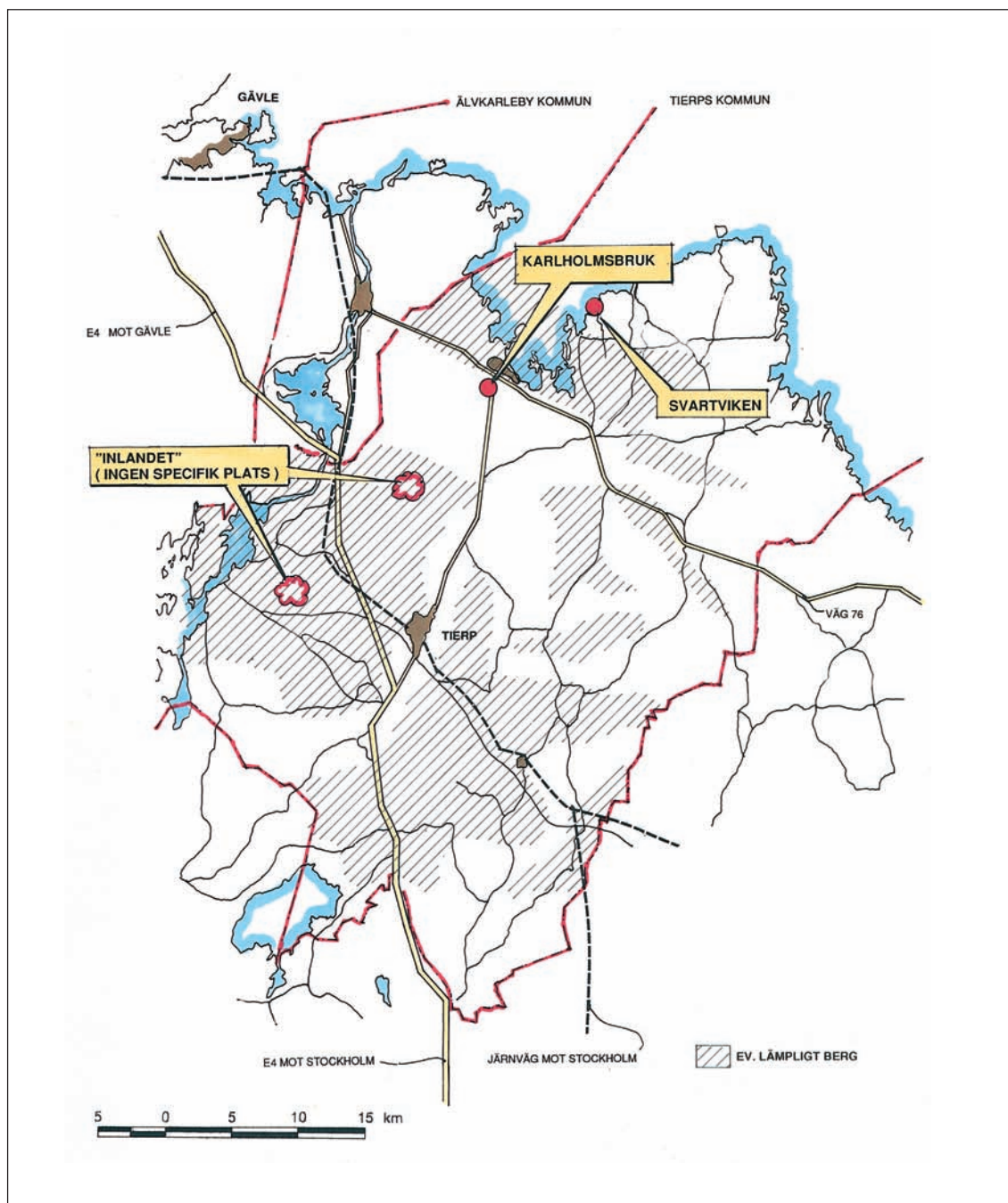
5.2 Alternativ ”Inlandet”

5.2.1 Bakgrund

I de inre delarna av kommunen finns stora områden, sammantaget flera kvadratmil, där berggrunden bedömts vara potentiellt gynnsam. Såväl järnvägen som E4:an passerar genom dessa områden. Tierp ligger ganska mitt i den aktuella kommundelen och ytterligare några tätorter finns inom begränsade avstånd. Med andra ord finns förutsättningar för en lokalisering som väl uppfyller kraven på såväl lämplig berggrund som närhet till infrastruktur och tätorter. Det finns stora skogsområden, vilket bör ge goda möjligheter att hitta en plats som är lämplig ur teknisk synvinkel samtidigt som konflikter med andra markanvändningsintressen och störningar i landskapsbilden kan hållas på en låg nivå.

Någon speciell plats för anläggningarna på ytan har inte pekats ut för detta alternativ. Markeringarna i figur 5-2 är alltså godtyckligt valda exempel. Möjligen kan man säga att det större inslaget av skogsområden mot väster ger bättre förutsättningar än de mera jordbruksbetonade områdena mot öster och söder.

Platsen bör i första hand väljas så att ett driftområde med alla erforderliga funktioner ovan jord kan placeras rakt ovanför förvarets centrala underjordsdel. En sådan utformning har förutsatts, se figur 5-3, men det är också fullt möjligt att välja en utformning som innebär sidoförskjutning av anläggningarna.



Figur 5-2. De tre förslagen "Inlandet", Karlholmsbruk och Svartviken.

5.2.2 Transporter

Ett stickspår byggs som ansluter anläggningen till stambanan, se figur 5-4. Transportbehållare med avfall och containrar med bentonit transporteras sjövägen till mottagningshamn norr eller söder om kommunen, och därefter per järnväg till anläggningen. Det sammanlagda transportbehovet motsvarar ungefär ett tågsätt var fjärde arbetsdag.

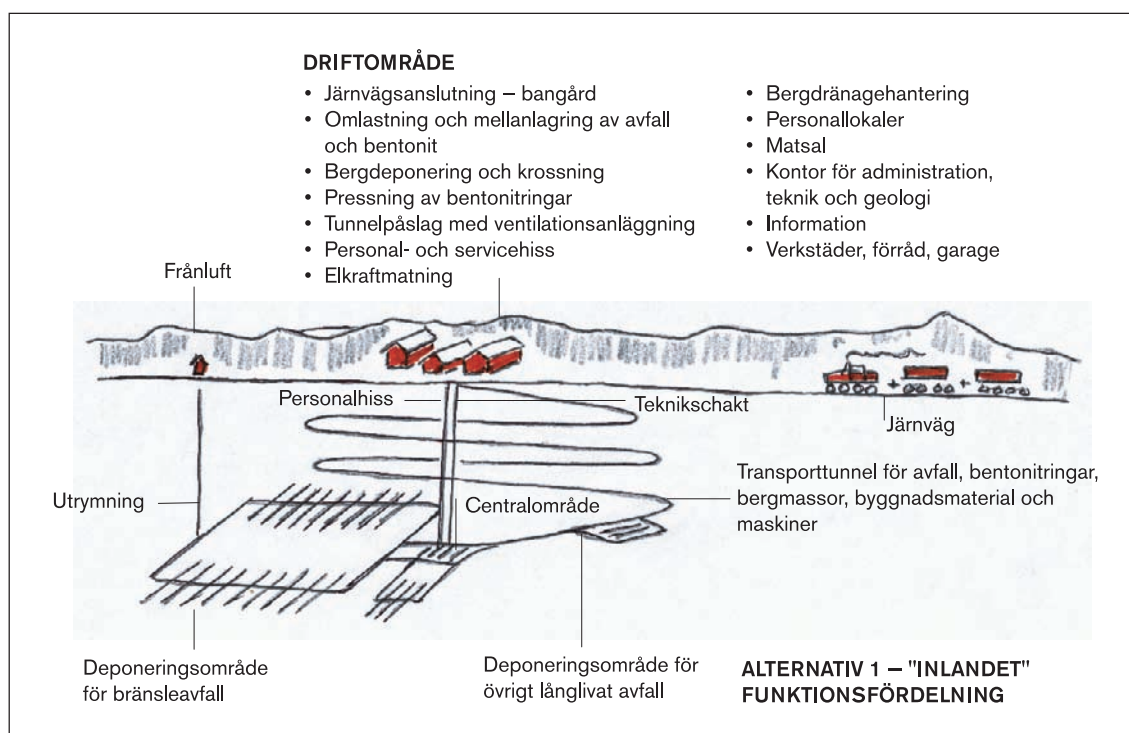
En eller flera vägar byggs för att ansluta platsen till det befintliga vägnätet. De dagliga vägburna transporter uppskattas till 50–70 personbilar för personal och besökare, 4–6 bussar med besökare, samt 5–10 lastbilar och andra fordon för service av olika slag. De bergmassor som produceras under drifttiden läggs antingen på upplag vid platsen, eller transporteras bort med lastbil.

5.2.3 Markdisponering och situationsplan

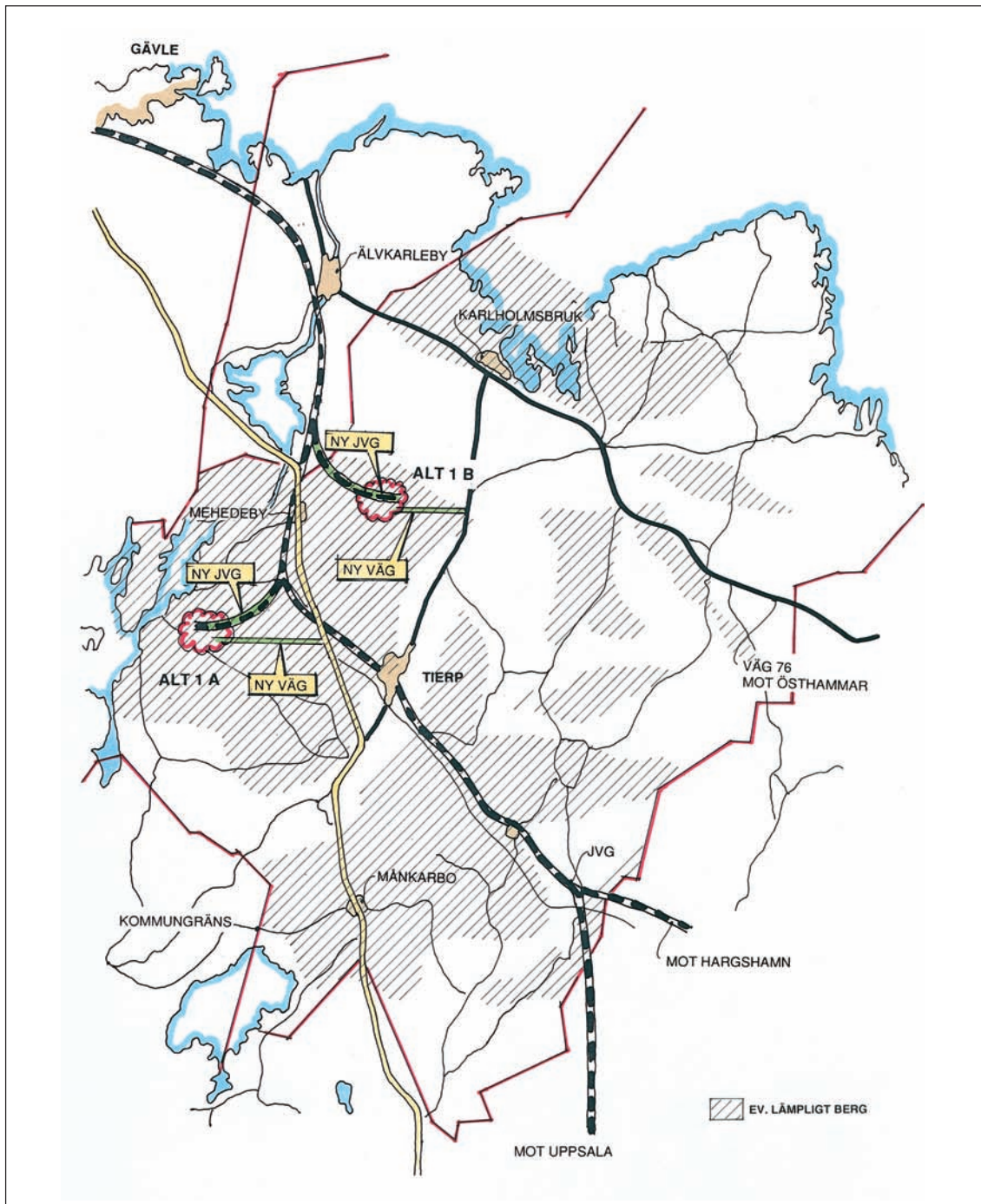
Figur 5-5 visar en principiell markdisponering av driftområdet. Funktionerna grupperas i tre parallella stråk i form av en transportzon, en produktionszon och en servicezon. De färgade pilarna i figuren visar flödesvägar för avfall, bentonit, bergmassor och personal/ besökare. Flödesvägarna ger en uppfattning om samspelet mellan funktionerna och zonerna.

Utformningen av driftområdet styrs till stor del av bangården som måste vara rak, plan och horisontell. Bangårdens längd dimensioneras av ett tågsätt med lok och tio vagnar som motsvarar en båtlast med transportbehållare. Produktionszonens form styrs av schakten till underjordsanläggningens centralområde.

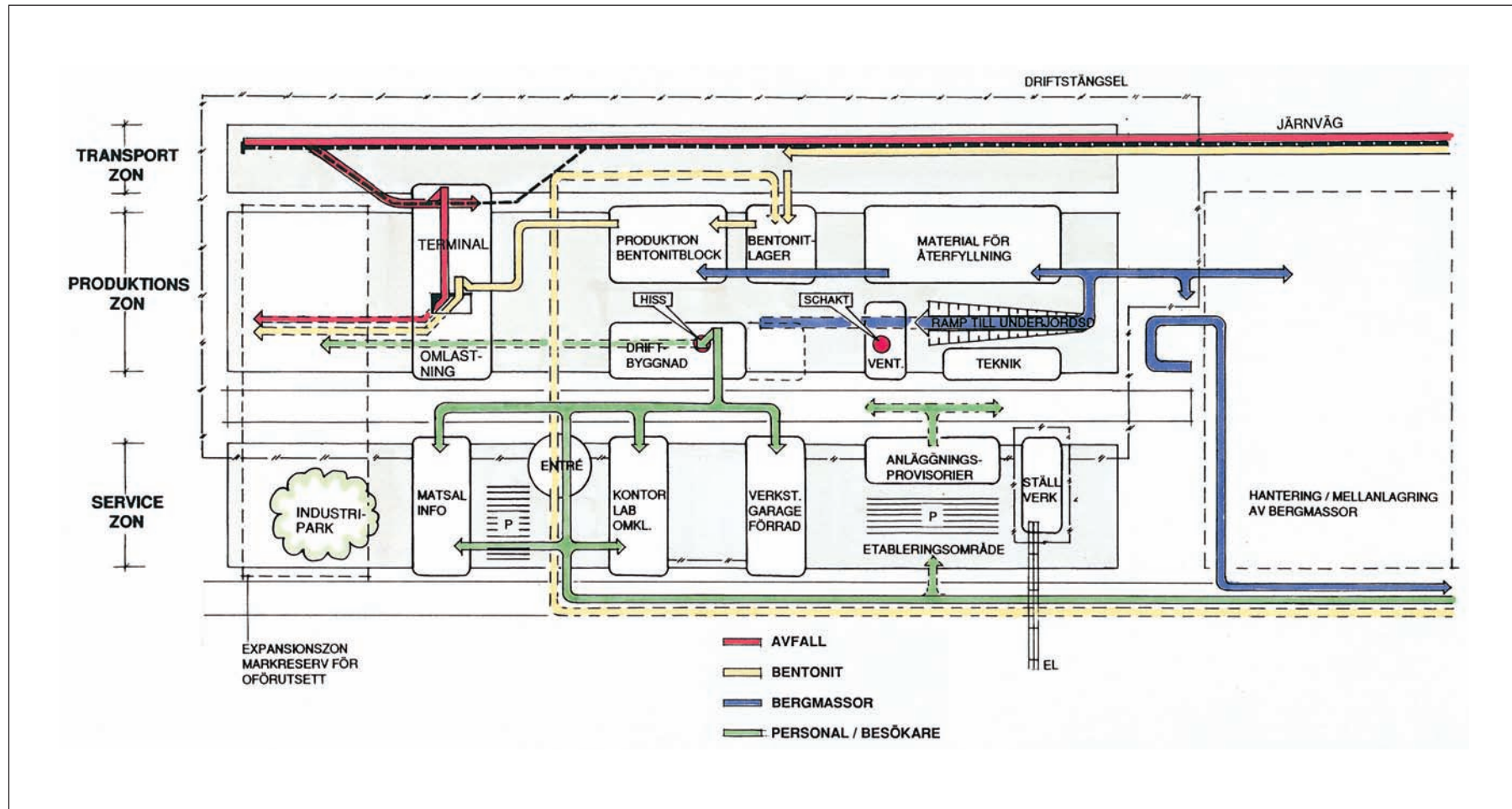
Figur 5-6 visar ett allmängiltigt förslag till situationsplan för driftområdet. Anpassningar till terrängen och lokala förutsättningar i övrigt kan göras först då en specifik plats valts. Den illustrerade utformningen motsvarar ett arealbehov på cirka 15 hektar, inklusive upplagsytor för bergmassor.



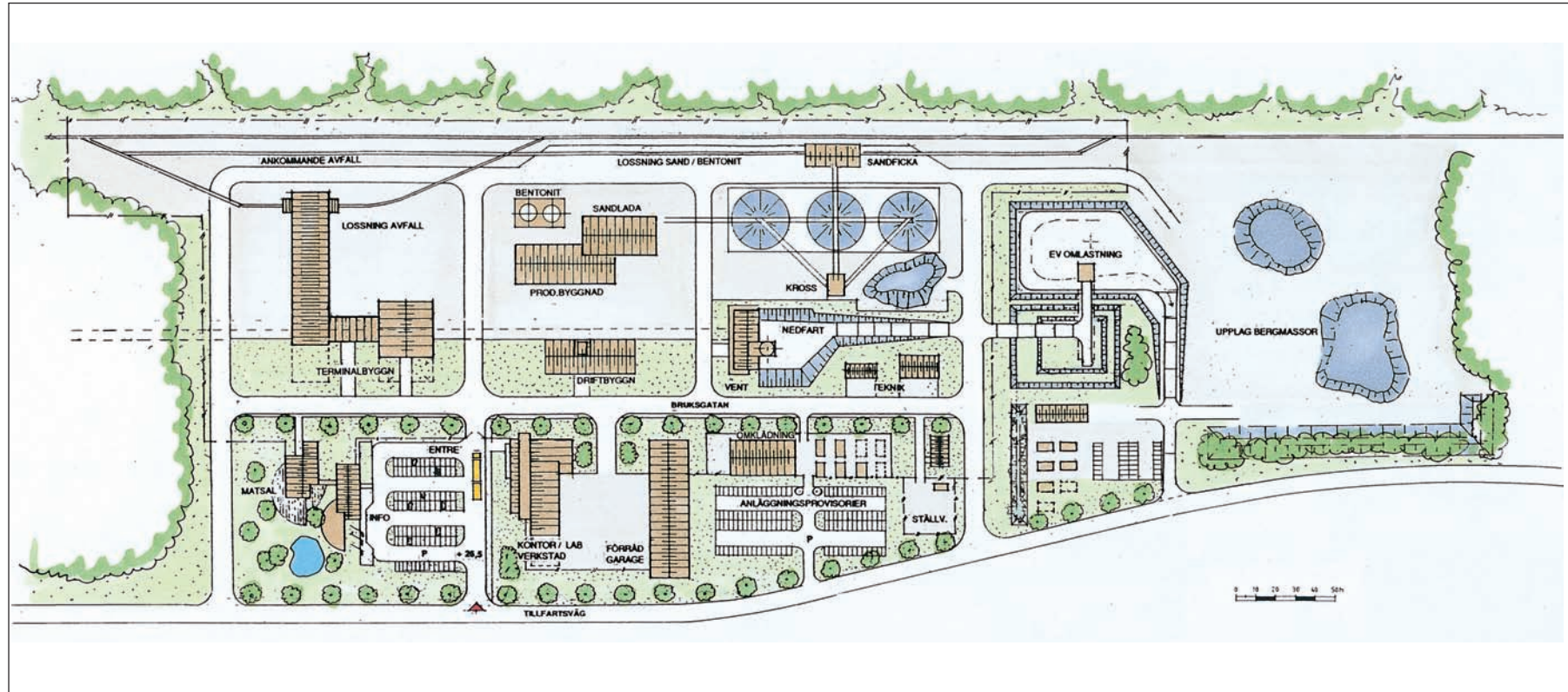
Figur 5-3. Principiell utformning av djupförvarets anläggningar – alternativ "Inlandet".



Figur 5-4. Alternativ Inlandet – läge och transportleder.



Figur 5-5. Markdisponering och transportflöden inom driftområdet – alternativ "Inlandet".



Figur 5-6. Situationsplan – alternativ "Inlandet".

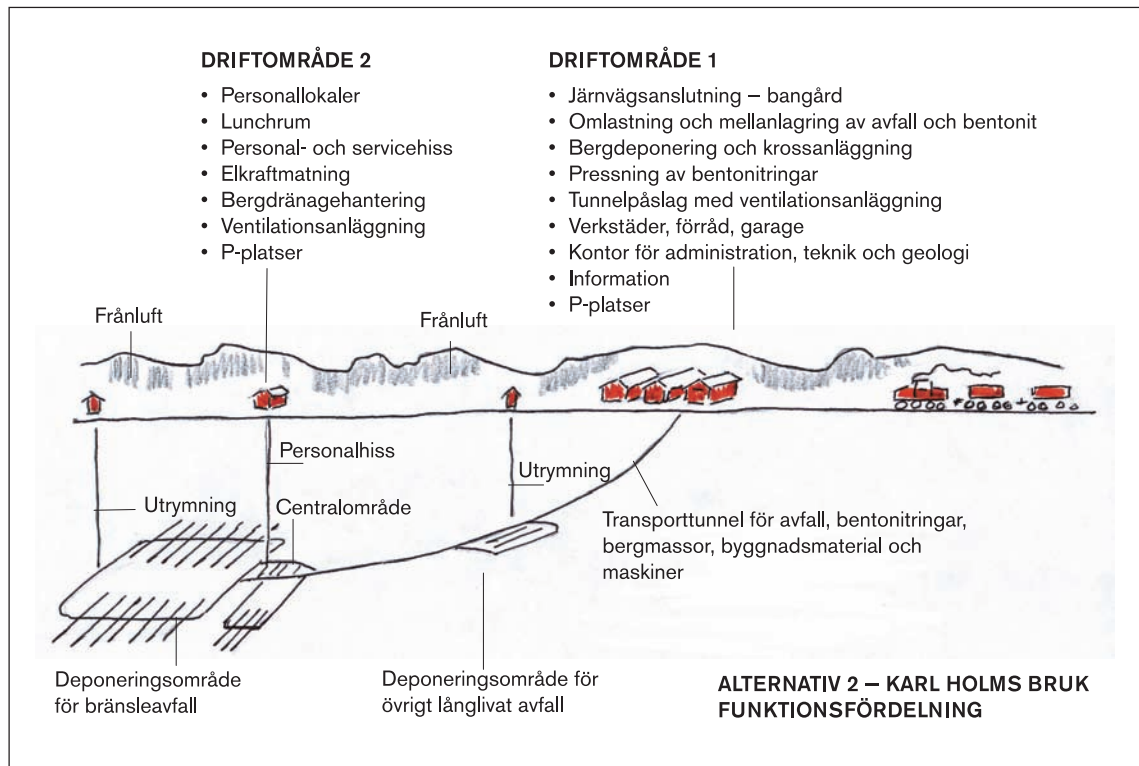
5.3 Alternativ Karlholmsbruk

5.3.1 Bakgrund

En förläggning av anläggningar och driftsverksamhet i anslutning till ett samhälle och eventuellt befintlig industri kan ge betydande fördelar. Infrastruktur i form av vägar, vatten, avlopp, elförsörjning m m kan samutnyttjas. Närheten till ett samhälle med bostäder, affärer, skolor och fritidsanläggningar reducerar behovet av resor för personalen, något som får stor betydelse för många under en mångårig driftperiod. Någon form av samarbete med befintlig eller tillkommande industri är också tänkbart.

En lokalisering av anläggningarna intill Karlholmsbruk vid Lövstarbukten bedöms ha goda möjligheter att ta tillvara fördelarna med ett tätortsnära läge. Samhället, med cirka 1 300 invånare, har redan i dag industriprägel genom verksamheten vid Karlit. Berggrund som kan vara lämplig för djupförvaret finns enligt figur 4-11 grovt sett på kustområdet av väg 76, runt och under Lövstarbukten.

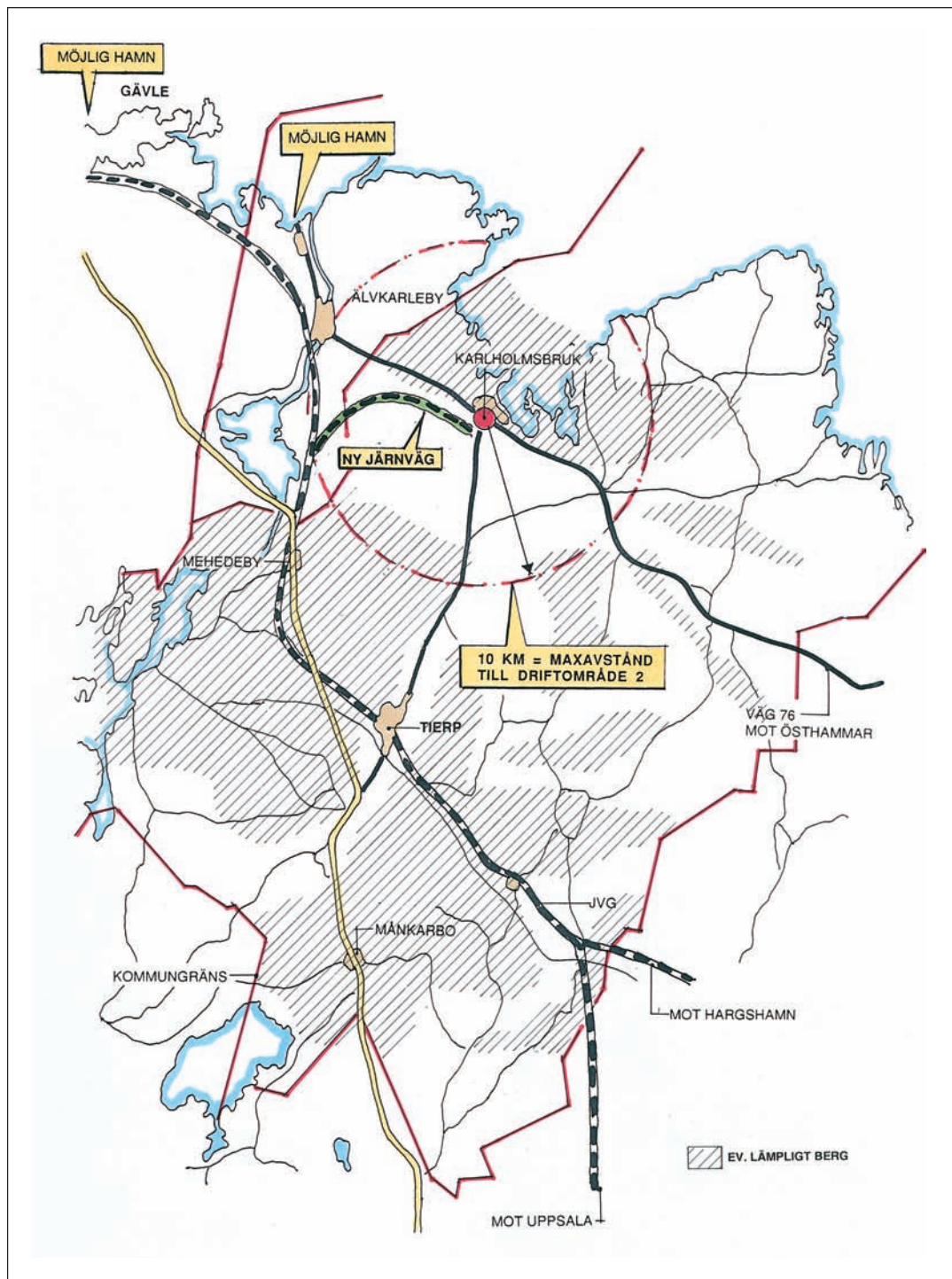
Förslaget bygger på en principiell utformning av djupförvarets anläggningar enligt figur 5-7. Förvaret förbinds med en lutande tunnel (ramp) med driftområdet (driftområde 1) vid tätorten. Rampen används för såväl nertransport av avfall och bentonit som uppförslutning av bergmassor. För att möjliggöra snabba persontransporter mellan ytan och förvaret är det angeläget att även ett hiss-försett schakt anläggs ner till förvarets centralområde. Ett andra, mindre driftområde (driftområde 2) bör därför etableras på den plats där schaktet finns. Förutom för persontransporter kan schaktet även användas för teknisk försörjning till anläggningarna under jord. Ett rimligt, största avstånd från rampnedfarten ut till driftområde 2 kan vara cirka 10 km.



Figur 5-7. Principiell utformning av djupförvarets anläggningar – alternativ Karlholmsbruk.

5.3.2 Transporter

Den närmast belägna hamnen med förutsättningar att fungera som mottagningshamn för transporter till djupförvaret är industrihamnen i Skutskär i Älvkarleby kommun, se figur 5-8. Längre norrut finns Gävle hamnar. Oavsett vilken hamn som väljs bör landtransporterna därifrån till Karlholmsbruk ske på järnväg. En järnvägsanslutning behöver därför byggas från stambanan, exempelvis vid Mehedeby eller från någon lämplig plats i Älvkarleby kommun. Transportbehovet per järnväg är detsamma som för alternativet ovan, det vill säga i genomsnitt ett tågsätt var fjärde dag.



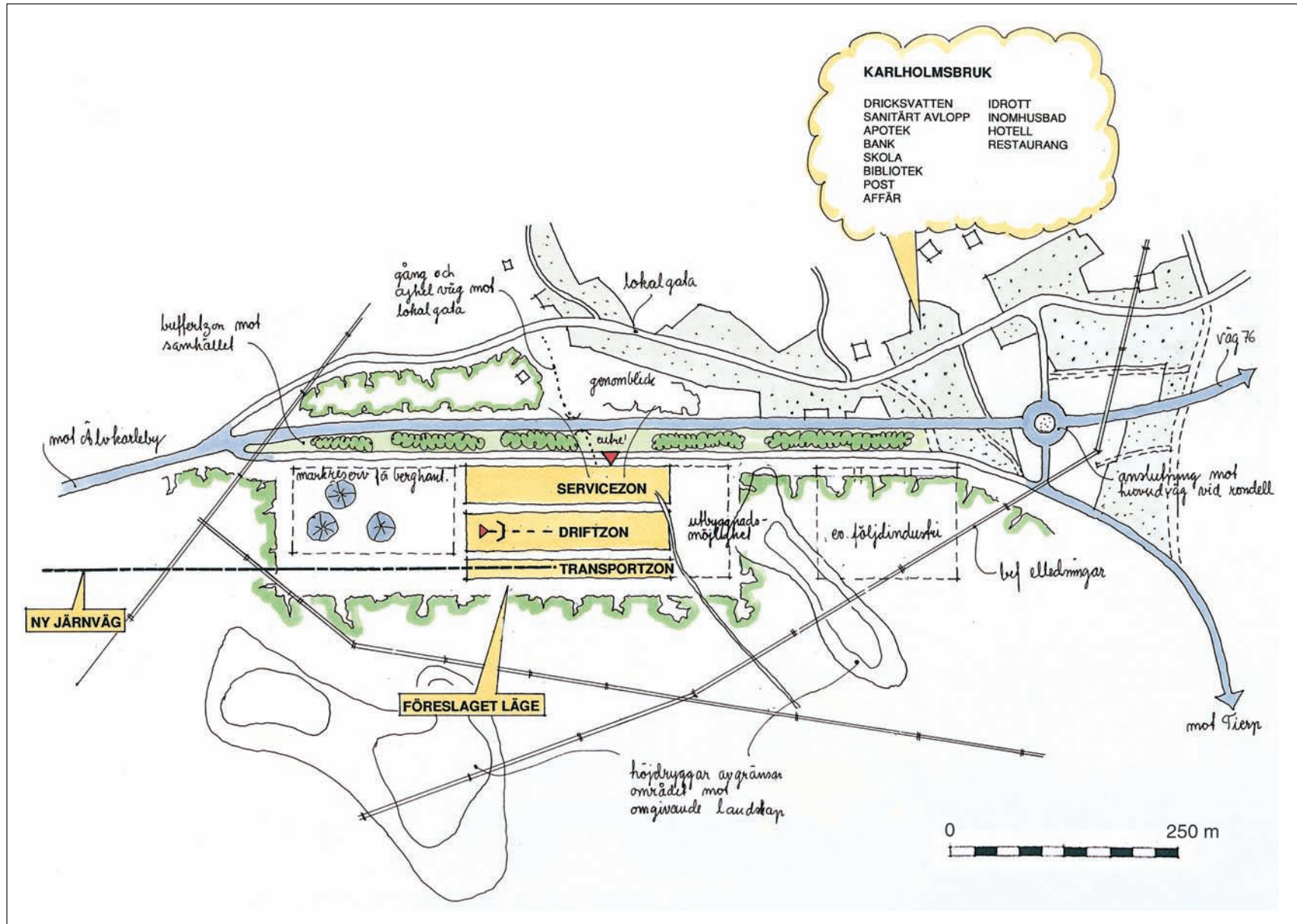
Figur 5-8. Alternativ Karlholmsbruk - läge och transportleder.

Vägförbindelserna till Karlholmsbruk med bland annat väg 76 som passerar förbi samhället, bedöms vara fullt tillräckliga för djupförvarets behov. De dagliga transport-behoven på väg uppskattas till 40–60 personbilar, 4–6 bussar och 5–10 lastbilar.

5.3.3 Platsens förutsättningar

Figur 5-9 visar trakten kring Karlholmsbruk, med föreslaget område för Driftområde 1. Området ligger väster om väg 72 och är i dag obebyggd skogsmark. Marken är svagt kuperad och skulle, såvitt kan bedömas, ge goda förutsättningar för grundläggning av byggnader m m. Mot väster avgränsas området av två korsande kraftledningar. Förutom djupförvarets driftområde 1 skulle området även ha plats för eventuell etablering av annan industri.

Genom att bygga till några korta vägavsnitt kan området anslutas till befintliga vägar på ett trafiksäkert sätt. Gång- och cykelvägar kan anläggas som förbinder området med samhället, utan att behöva korsa väg 76. Avståndet till centrala Karlholmsbruk är knappt en kilometer.



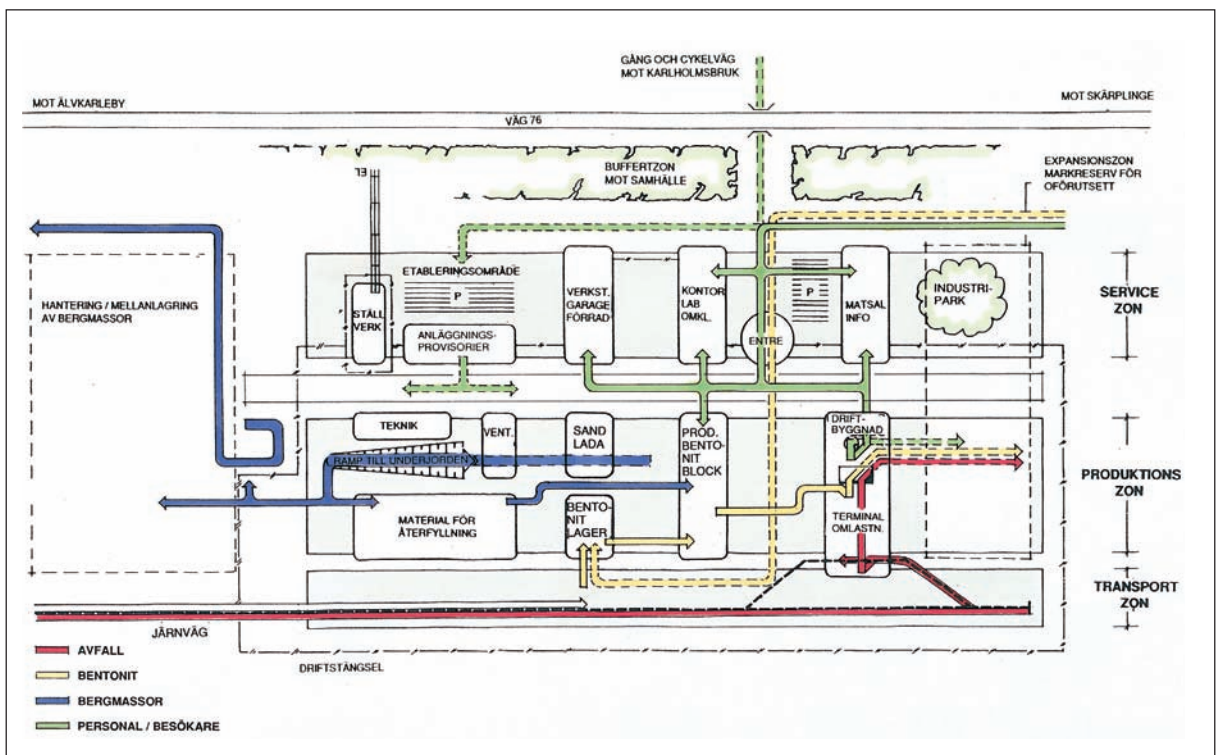
Figur 5-9. Karlholmsbruk – lokala förutsättningar och tänkt läge för driftområdet.

5.3.4 Markdisponering, situationsplan och perspektiv - driftområde 1

Den tänkta disponeringen av markområdet ifråga visas i figur 5-10. Disponeringen följer de principer som redovisats tidigare, med en uppdelning i en transportzon, en produktionszon och en servicezon, arrangerade i tre parallella stråk. Den längd som krävs för järnvägens bangård styr områdets geometri.

De tänkta transportflödena inom området markeras med pilar. De olika funktionerna har placerats för att ge optimala transportvägar med minsta möjliga korsningar på området.

Servicezonen med sina tillfarter placeras mot stora vägen (väg 76). Anläggningens entré vänder sig därmed mot samhället, medan transportzonen med bangården finns längst bort. En cirka 60 m bred buffertzon har lämnats mellan samhället och industrin för att markera övergången från boendemiljö till industrimiljö.

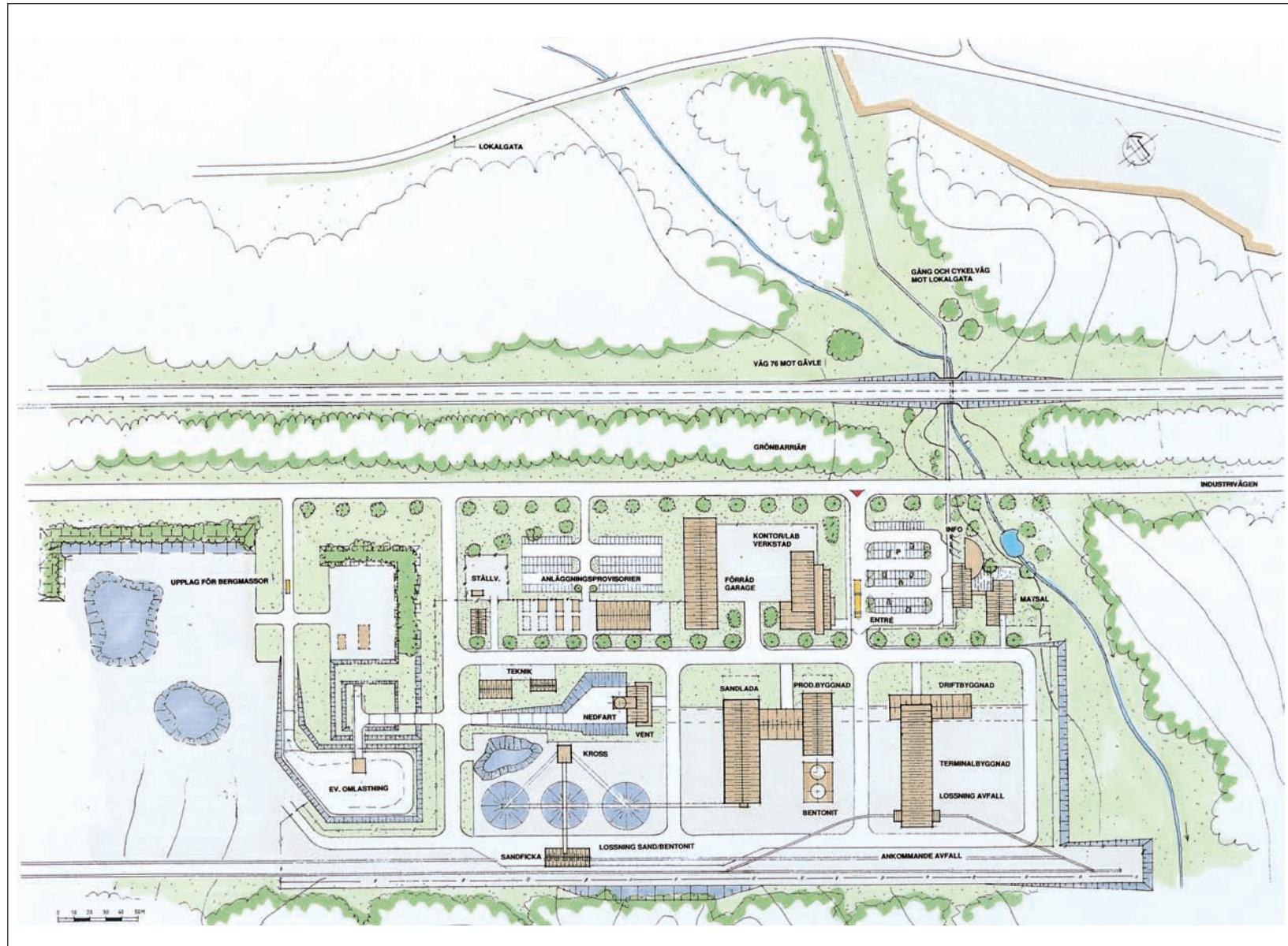


Figur 5-10. Markdisponering och transportflöden – alternativ Karlholmsbruk.

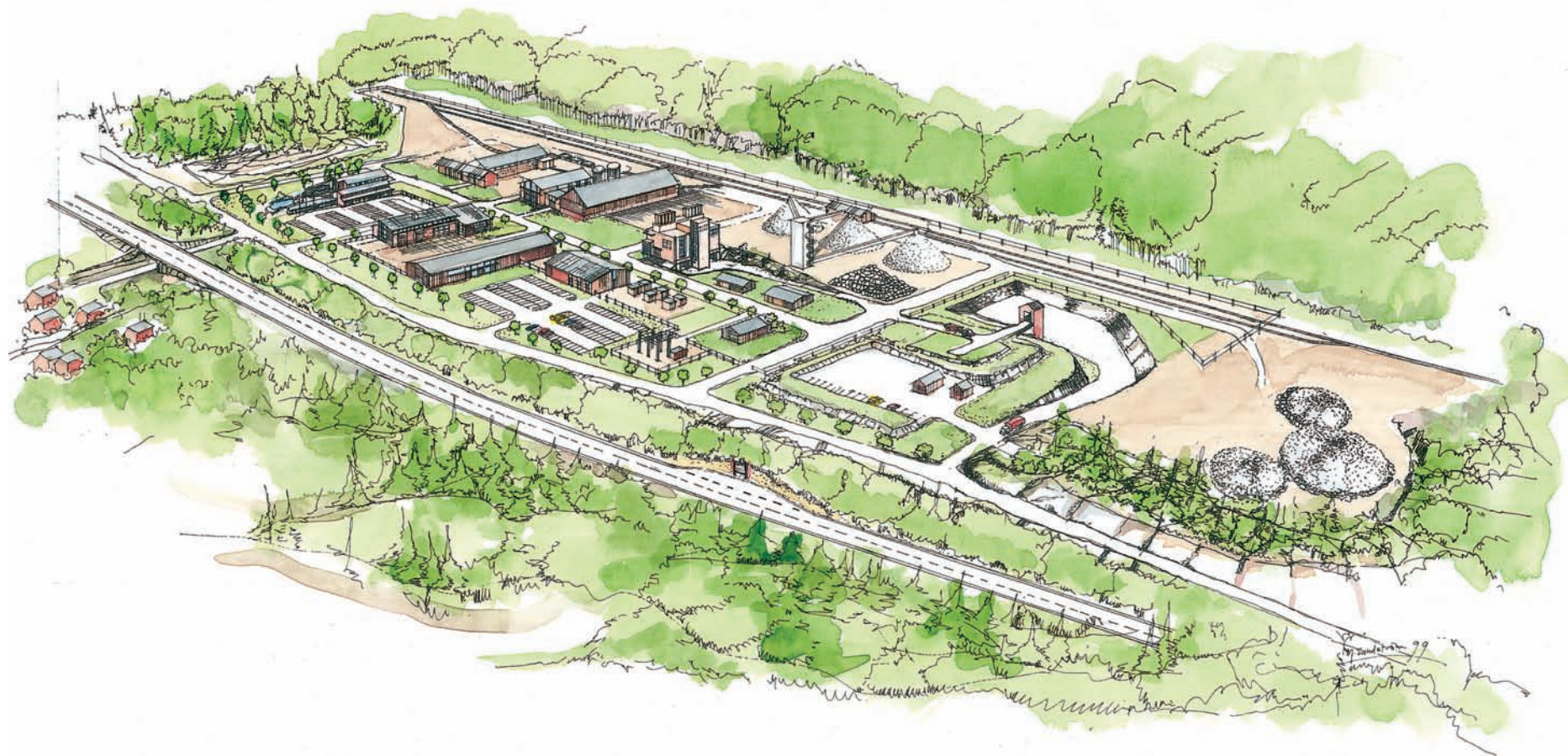
Figur 5-11 visar ett förslag till situationsplan, baserat på den redovisade markdisponeringen. Byggnaderna utformas för de olika funktioner som driften kräver. Form och storlek på byggnaderna har valts utifrån dagens kunskaper och planeringsläge. Mark har reserverats för anpassning till eventuella förändringar av förutsättningarna.

Situationsplanen visar också hur anläggningen ansluter till det nuvarande vägnätet. En lokalväg har lagts in i planen, parallellt med nuvarande väg 76. Denna lösning ger trafik-säkra anslutningar till driftområdets olika entréer.

Figur 5-12 visar hur anläggningen skulle se ut, betraktad ur fågelperspektiv från samhället. Skissen ger en uppfattning om proportionerna på byggnader och andra anläggningsdelar. Längst till vänster syns gång- och cykelvägen, som passerar under väg 76 och leder in på driftområdet via den lokala parallellvägen. Byggnaderna närmast cykelvägen hyser besöksmottagning, restaurang och kontor. Järnvägen med bangård löper längs områdets bakre begränsning. Rampnedfarten finns under den något högre byggnaden ungefär mitt på området. Längst bort från samhället finns ytor för hantering och upplagging av bergmassor.



Figur 5-11. Situationsplan – alternativ Karlbolmsbruk.

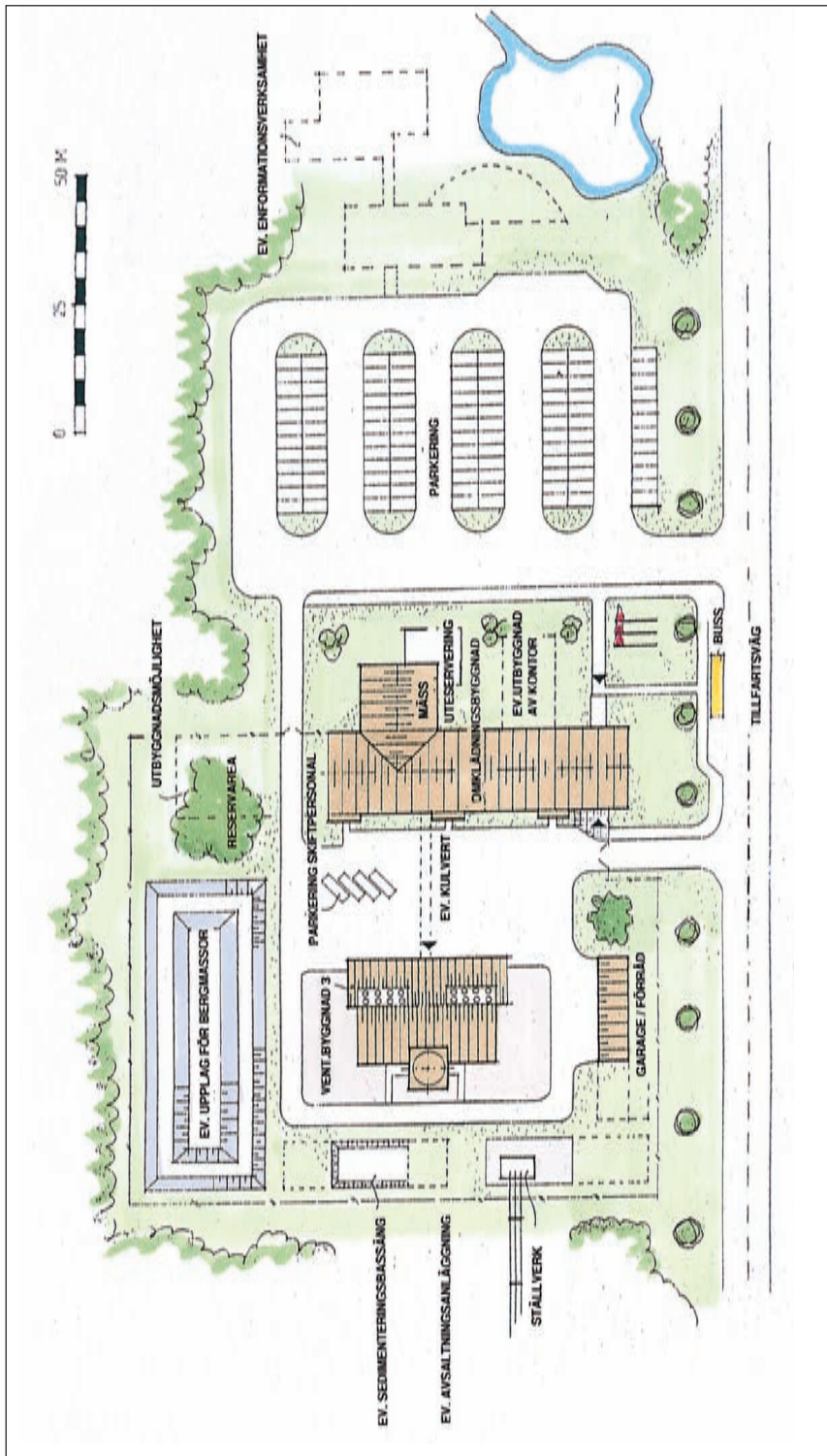


Figur 5-12. Driftområdet vid Karlholmsbruk, sett ur fågelperspektiv från sambället.

5.3.5 Driftområde 2

Som nämnts bygger alternativet Karlholmsbruk på att det förutom driftområde 1 vid samhället etableras ett mindre driftområde 2. Detta underlättar driften av anläggningarna avsevärt, främst genom att restiden till arbetsuppgifterna under jord förkortas. Figur 5-13 visar hur driftområde 2 skulle kunna utformas.

Arealbehovet är 2–3 hektar. Utformningen är generell, eftersom läget inte kan preciseras i detta skede. Även denna anläggning anpassas till det aktuella markområdets speciella förutsättningar och eventuell näraliggande bebyggelse. Även om läget i stor utsträckning



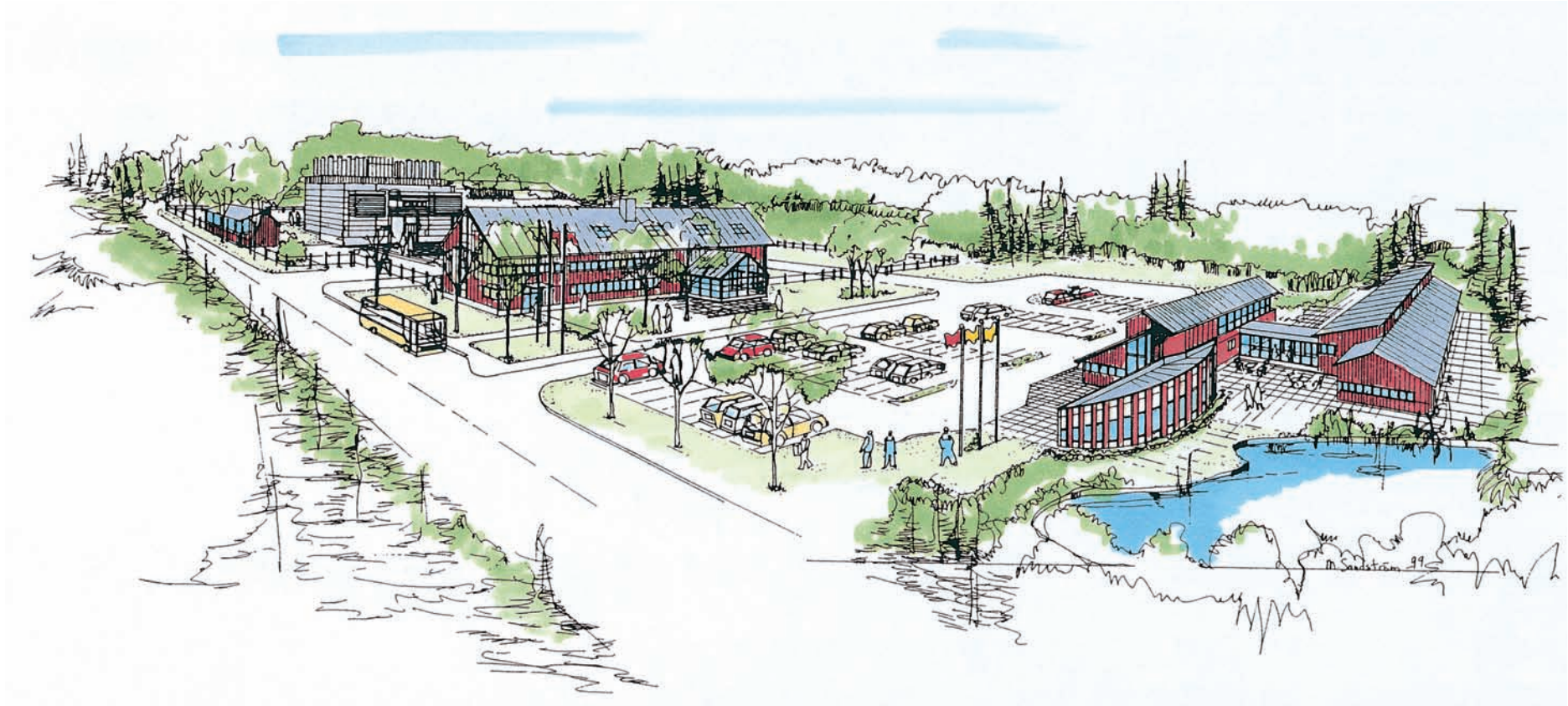
Figur 5-13. Situationsplan för driftområde 2.

stys av bergförhållanden bör det vara möjligt att genom mindre lägesjusteringar och anpassning av anläggningarna åstadkomma en varsam och tilltalande inordning i den omgivande miljön. Trafiken till driftområde 2 begränsas väsentligen till bussar och personbilar. Övriga transporter, inklusive avfall och återfyllningsmaterial, sker via driftområde 1.

Till driftområde 2 förläggs dels en personalbyggnad, dels en byggnad ovanför schaktet med hissmaskineri och ventilationsutrustning. Området blir den naturliga samlingspunkten för personal som har sina arbetsplatser på olika håll i anläggningarna under jord. Här börjar och slutar arbetsdagen och här samlas man för raster och möten.

Det kan också vara praktiskt och ekonomiskt fördelaktigt att ordna huvuddelen av kraftmatningen till underjordsdelarna via driftområde 2 och schaktet. Detsamma gäller uppfördring och vidare hantering av dränagevatten från tunnelsystemen.

Vidare kan det vara lämpligt att lägga lokaler för information till allmänheten vid driftområde 2. Då kan även besökarna använda hissen för att ta sig ner till berganläggningarna. Perspektivskissen i figur 5-14 visar hela driftområde 2, inklusive ett förslag till informationsbyggnad.

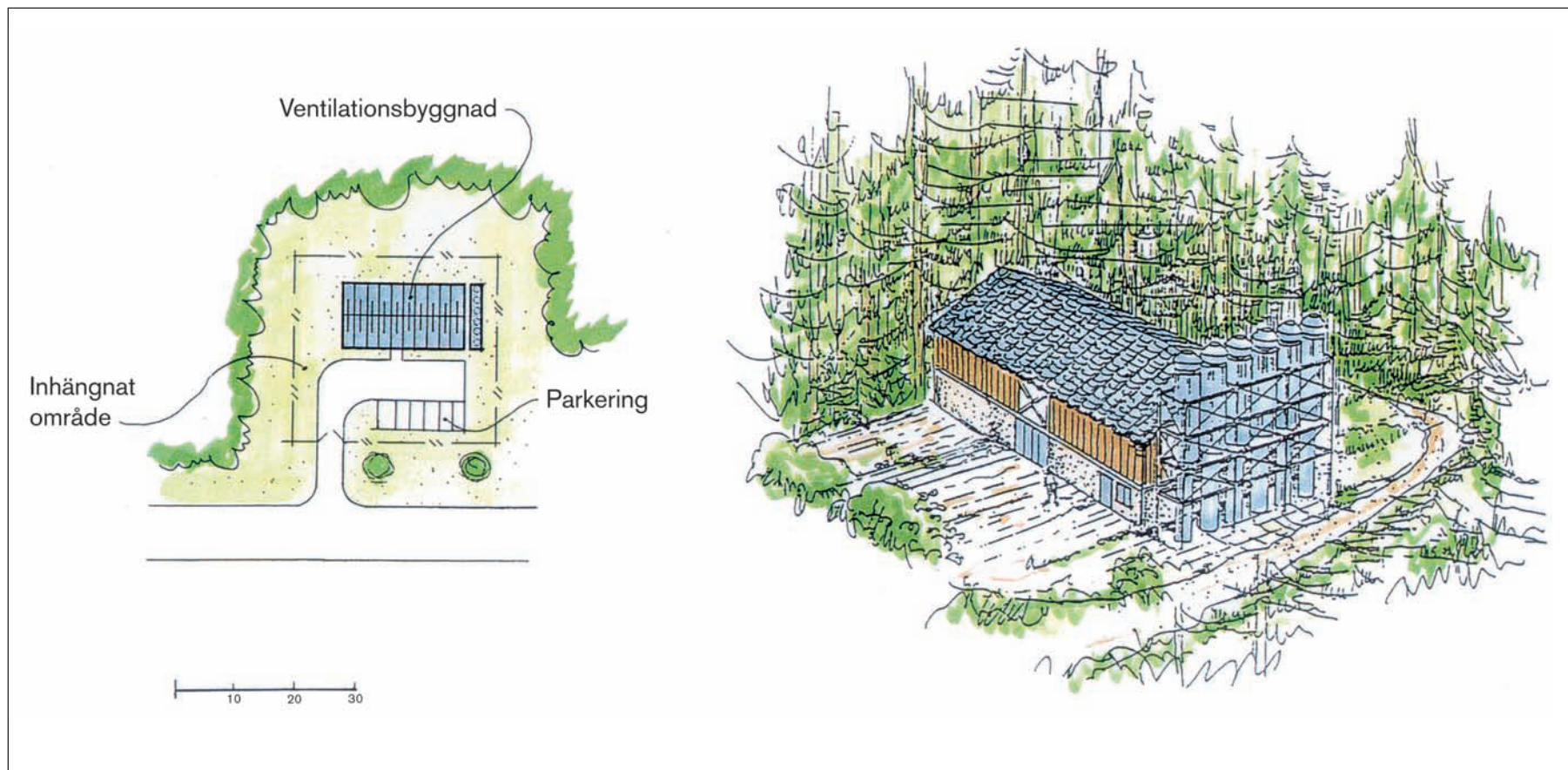


Figur 5-14. Driftområde 2 – perspektiv.

5.3.6 Ventilationsbyggnader

För att kunna bemästra problemet med ventilation av berganläggningarna på ett funktionellt, säkert och ekonomiskt sätt krävs några ventilationsschakt utplacerade dels längs nedfartsrampen, dels i förvarets ytterområden. Schakten från tunnelsystemet är också tänkta att kunna användas som utrymningsvägar.

Ovanför schakten placeras enkla byggnader som bland annat innehåller ventilationsfläktar. Figur 5-15 visar hur en sådan byggnad kan utformas. Byggnaderna är relativt små och bör kunna inordnas i landskapet på ett acceptabelt sätt. Anläggningarna drivs på distans och kräver endast sporadisk tillsyn. Ljudet som genereras av fläktarna dämpas genom speciella arrangemang så att störningen i omgivningen blir marginell. En väganslutning med tillräcklig standard för att vara framkomlig med en normal lastbil krävs för tillsyn och service av anläggningarna.



Figur 5-15. Exempel på utformning av ventilationsbyggnad.

5.4 Alternativ Svartviken

5.4.1 Bakgrund

En kustförläggning av djupförvaret i direkt anslutning till en hamn kan ge vissa fördelar. Den viktigaste är att behovet av landtransporter av avfall, och kanske även återfyllningsmaterial, bortfaller. I stället kan dessa godsslag hanteras inom ett driftområde som anläggs vid hamnen, för att där föras direkt ner till djupförvaret via en ramp. Därmed behöver inte allmänheten komma i kontakt med avfallstransporterna över huvud taget.

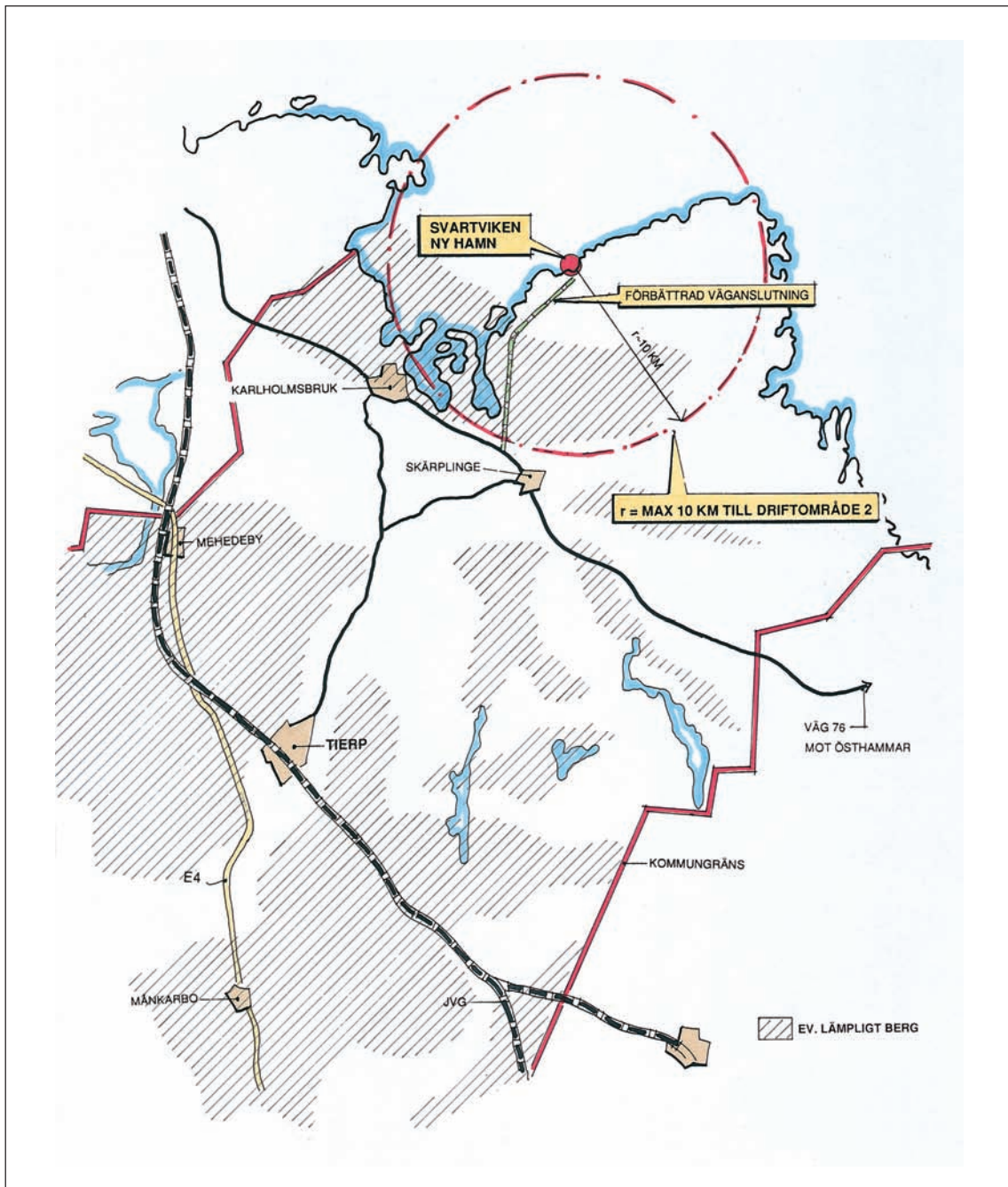
För Tierps del skulle detta innebära att en hamn behöver anläggas, eftersom det i dag inte finns någon hamn i kommunen som kan fungera som mottagningshamn för transporterna till djupförvaret. Stora delar av kommunens kuststräcka bedöms dock sakna förutsättningar för en sådan hamn. Det gäller Hållnähälvöns ostkust, från gränsen mot Östhammars kommun och uppåt, liksom merparten av halvöns nordkust. För dessa delar av kusten saknas troligen geologiska förutsättningar för ett djupförvar inom rimligt avstånd. Andra försvarande faktorer är höga naturskyddsvärden och kuststräckans stora betydelse för friluftslivet. Till detta kommer rent tekniska nackdelar, såsom besvärliga inseglingsförhållanden längs stora delar av sträckan. På halvöns norra kust utgör skärgården kring Björns fyr ett unikt utskärsområde som inte kan komma ifråga för exploatering. Längre västerut är kusten öppen och oskyddad, vilket innebär att en hamn med vågbrytare skulle bli ett alltför dominerande ingrepp i landskapsbilden.

Återstår kuststräckan runt Lövstabukten, där det också finns potentiellt gynnsam berggrund, se figur 4-11. Inventeringen av möjliga hamnlägen kring bukten, se avsnitt 4.3.4, visar på två områden, ett på den västra sidan av bukten och ett på den östra. En förläggning av djupförvarets driftområde på den västra sidan bedöms som mindre realistiskt med hänsyn till bland annat de långgrunda stränderna.

På den östra sidan har tänkbara lägen studerats. Ett möjligt alternativ vid fiskehamnen Sikhjälma har uteslutits, då en industrianläggning i den vida, öppna bukten skulle få en förödande inverkan på den flacka landskapsbilden. I stället föreslås en förläggning vid Svartviken. Platsens läge framgår av figur 5-16. Inseglingsförhållandena är godtagbara och öar och skär utanför ger sjölä. Genom att kustlinjen är jämförelsevis kuperad i området finns goda möjligheter att inordna hamn och industrianläggning i landskapsbilden på ett diskret sätt.

Ett ingrepp i ett kustområde är alltid känsligt. Det finns fritidsbebyggelse i området som påverkas. Rätt utformad kan emellertid en exploatering också ge betydande fördelar för friluftslivet. Det förslag som presenteras här innebär att det till de hamnfunktioner som behövs för djupförvaret fogas en hamn för fritidsbåtar samt en marina med god service. Detta skulle öka Tierpskustens attraktionsvärde för båtturen och ge närboende en skyddad hamn för fritidsbåtar. Svartviken skulle också kunna bli en bra utgångspunkt för utflykter till Tierps rika utbud av natur- och kulturskatter, som i dag ligger i något av dvala bakom en svårtillgänglig kust. Genom att ingreppet som djupförvaret kräver i landskapsbilden blir bestående skulle marinan, rätt utformad, kunna vända en negativ följdverkan till en för kommunen positiv tillgång, långt efter det att djupförvaret har avvecklats.

Den principiella utformningen av djupförvarets anläggningar, vid en förläggning till Svartviken, framgår av figur 5-17. Hamnen och driftområde 1 sammanbyggs till en enhet. Förvaret nås via en ramp som används både för att transportera ner avfall och återfyllningsmaterial och för att forsla upp utsprängda bergmassor. Berggrund som kan vara lämplig för djupförvaret finns mot söder och avståndet bedöms vara 3–4 kilometer. Det talar för att man även för detta alternativ etablerar ett driftområde 2 rakt ovanför förvaret.

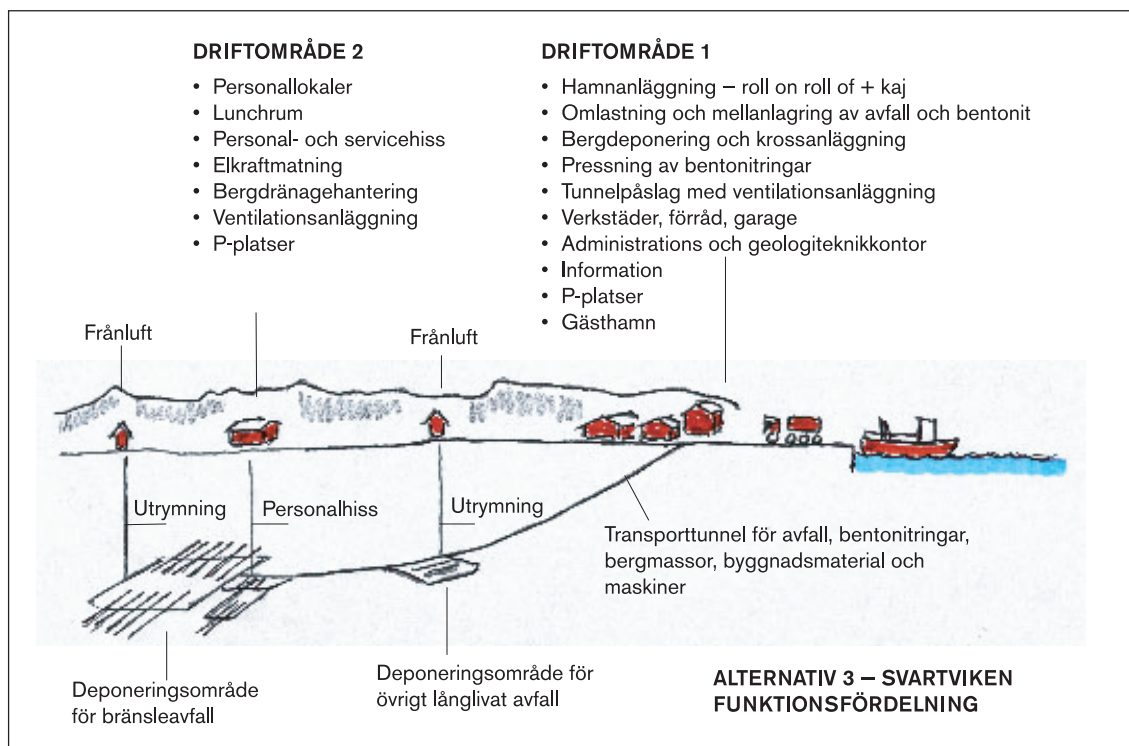


Figur 5-16. Alternativ Svartviken – läge och transportleder.

5.4.2 Transporter

Inseglingsförhållanden till en hamn i området beskrivs i avsnitt 4.3.5. Någon järnvägsanslutning behövs inte, eftersom transportbehållarna med avfall transporteras direkt från hamnområdet till djupförvaret via rampen. Bentonit kan antingen skeppas på mindre fartyg till Svartviken, eller fraktas på lastbil från någon av de närliggande hamnar som har lämplig utrustning och tillräckligt kapacitet.

Landsvägen som leder till platsen från kustvägen (väg 76) behöver rustas upp. De dagliga behoven av vägburna transporter bedöms bli 6–10 lastbilar för olika serviceändamål, 4–6 bussar med besökare samt 40–60 personbilar, varav merparten är personalens arbetsresor.



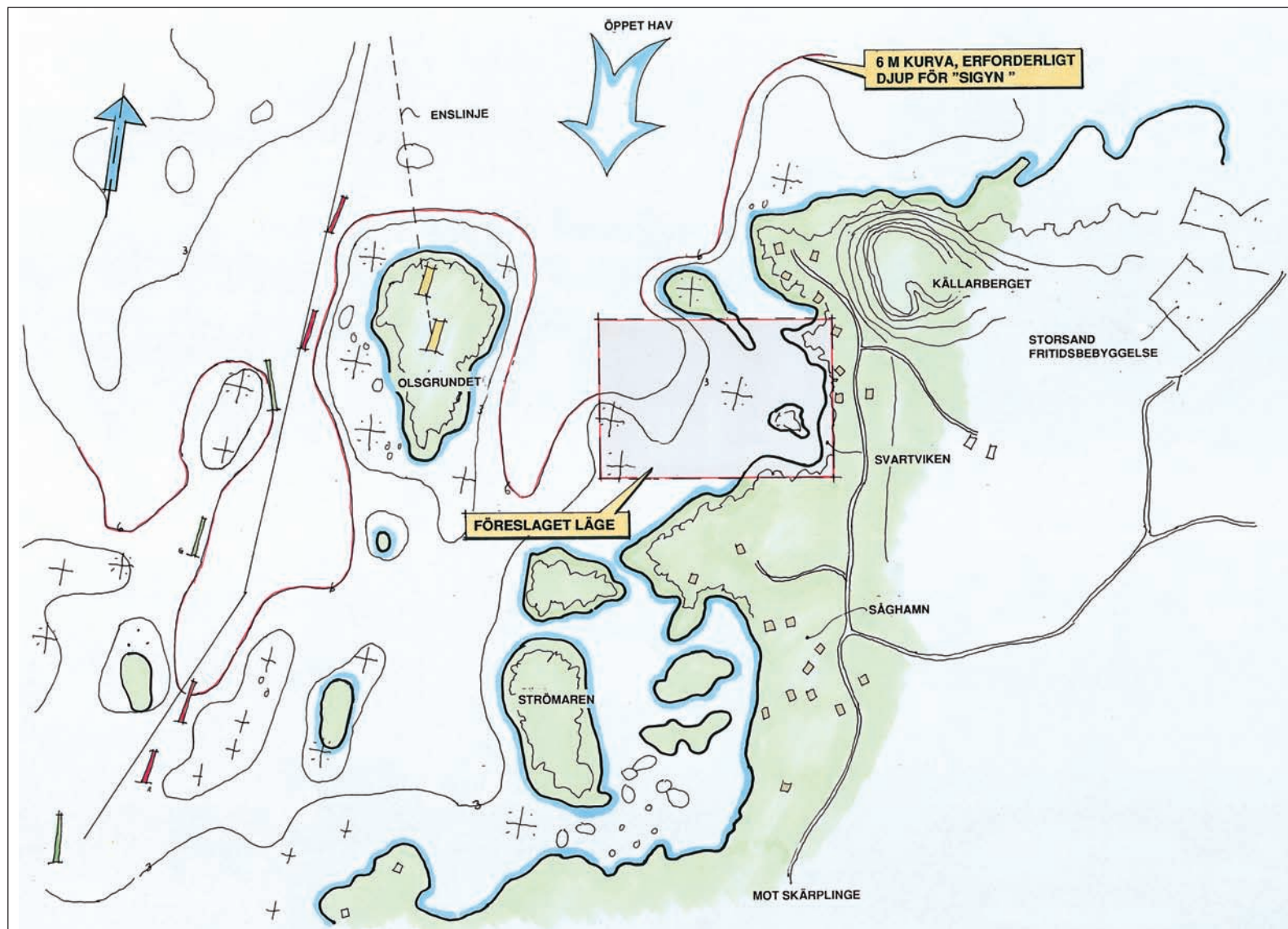
Figur 5-17. Principiell utformning av djupförvarets anläggningar – alternativ Svartviken.

5.4.3 Platsens förutsättningar

Figur 5-18 visar det föreslagna läget i något mera detaljerad skala. Bukten syd om Källarberget och ost om ön Olsgrundet byggs ut till en hamn genom utfyllnad nära land och en vågbrytare mot norr. Vattendjupet är 6–10 m i området, och endast begränsad muddring erfordras. Området kan nå antingen från inseglingen till Sikhjälma fyr eller från farleden mot Fagerviken, vilket ger alternativa inseglingsleder, beroende på väder- och issituation. Manöverutrymme finns mellan hamnläget och Olsgrundet samt norr därom.

Landområdet innanför den tänkta hamnen är tillräckligt stort för att rymma erforderliga funktioner för driftområde 1, liksom en hamn för fritidsbåtar. Delar av driftområdet anläggs på utfyllt grunt sjöområde. Fyllnadsmassor hämtas direkt från utsprängningen av rampen.

Området tangerar ett större fritidsområde längs kusten. En gles fritidsbebyggelse finns, varav dock endast en liten del direkt berörs av förslaget. Infrastruktur i form av kommunalt vatten och avlopp finns inte i området.

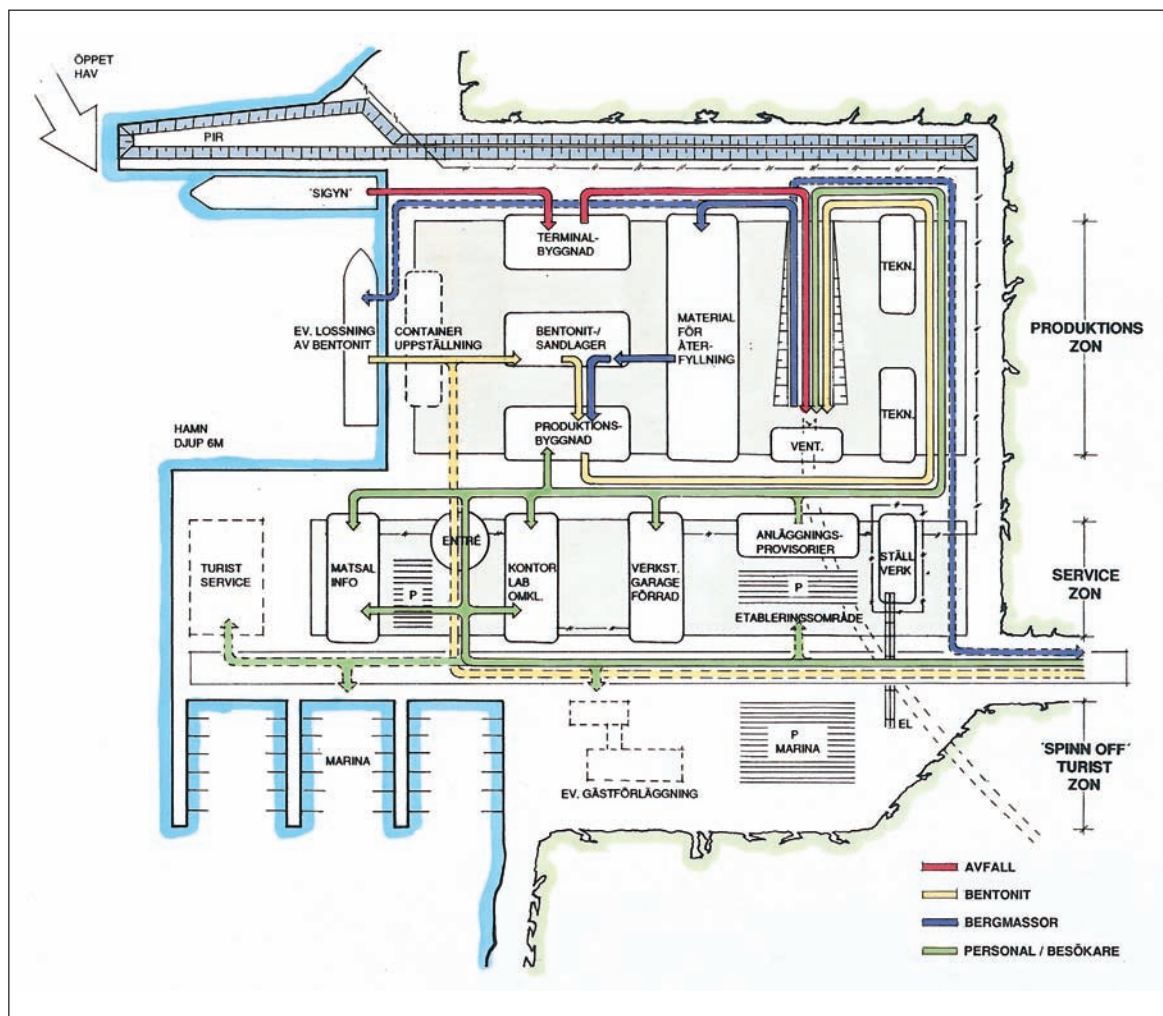


Figur 5-18. Kustavsnittet vid Svartviken med tänkt läge för hamn och driftområde.

5.4.4 Markdisponering, situationsplan och perspektiv – hamn och driftområde 1

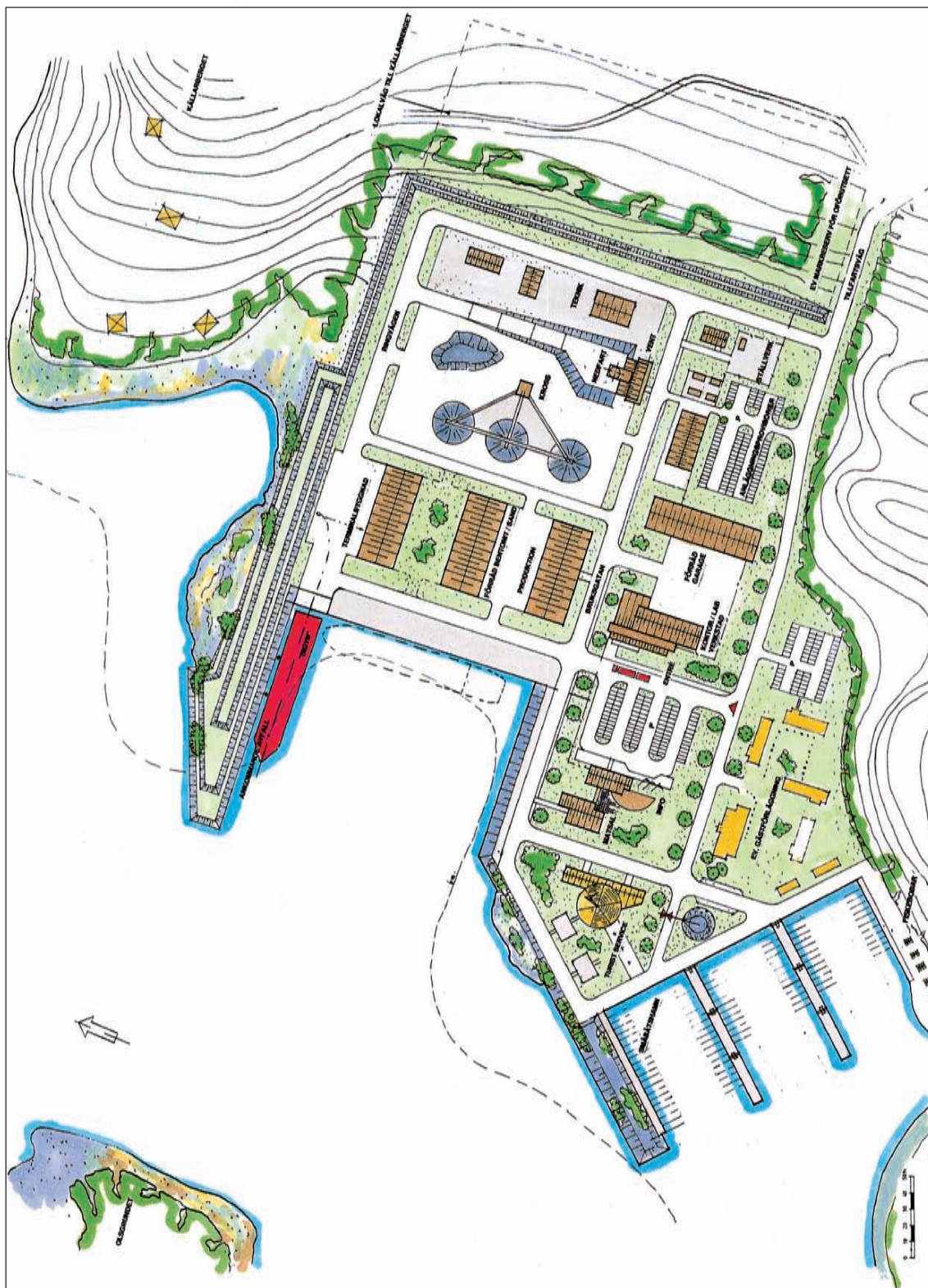
Figur 5-19 visar hur området kan disponeras för industrihamnen, driftområdet samt anslutande småbåtshamn och marina. Platsens topografi och förhållanden i övrigt innebär att den disponering som tillämpats för övriga alternativ får överges. Det är dock möjligt att utifrån platsens förutsättningar anpassa anläggningen med bibehållna funktioner. Tänka transportflöden av olika slag markeras med färgade pilar. Med den föreslagna disponeringen kan driftområdet avskiljas från omgivningen på ett sätt så att allmänna faciliteter som informationsanläggning, matsal, gästförläggning och båthamn kan nås av allmänheten utan hinder.

Figur 5-20 visar en tänkt situationsplan över området. Driftområdet och småbåtshamnen nås via en gemensam huvudinfart från sydost. Lokala vägar från driftområdet ansluter till denna huvudinfart. Parkeringsytor finns i anslutning till vägarna. Marinan har vänts bort från driftområdet för att dels uppnå en viss avskildhet från driftområdet, dels få ett skyddat läge.

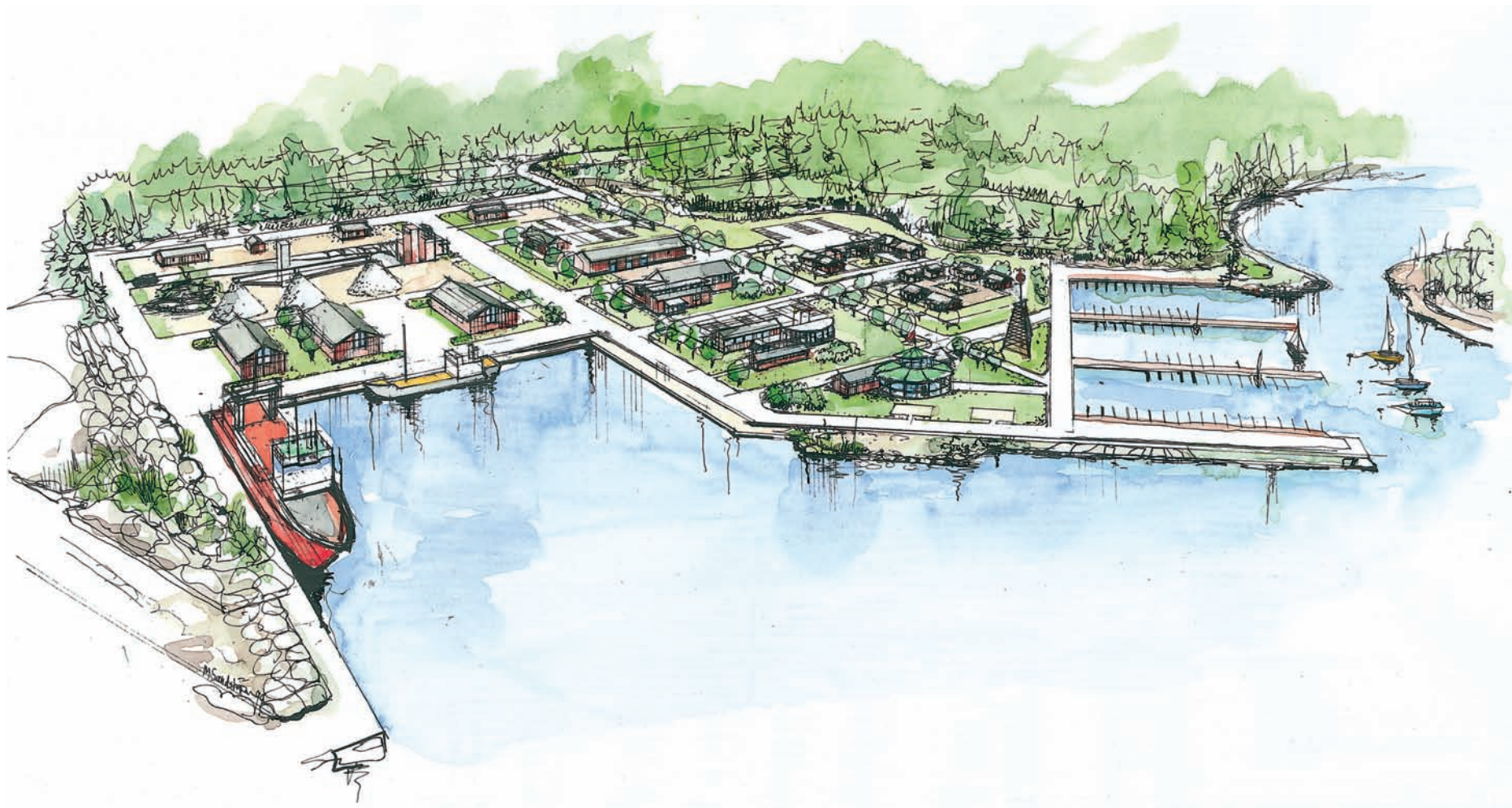


Figur 5-19. Markdisponering och transportflöden – alternativ Svartviken.

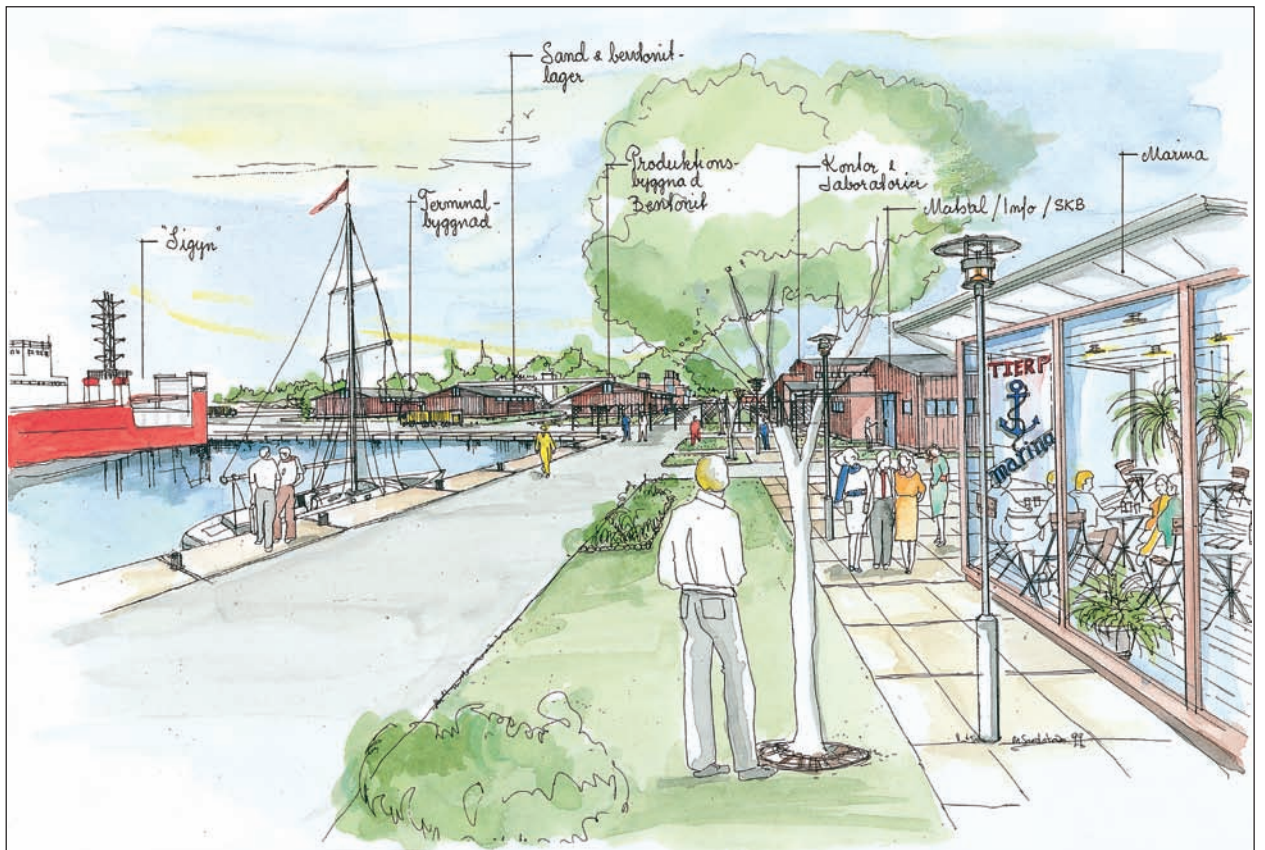
Utformningen av driftområdet styrs i stor utsträckning av läget och storleken på hamnen. I övrigt har strävan varit att anpassa anläggningen till miljön i kustläget. Enskilda byggnader utformas i rimlig skala för att undvika det störande inslag som stora byggnader utgör. Byggnaderna anpassas till lokal byggtradition. Exempelvis har placering och utformning av byggnaderna för lagring och hantering av avfallsbehållare och bentonit omarbetats för att uppnå denna anpassning. Hur slutresultatet skulle kunna bli framgår av figurerna 5-21 och 5-22. Den förra visar hela området sett från norr. Den senare ger en vision av möjligheten att utforma besöks- och fritidsdelen på ett tilltalande sätt.



Figur 5-20. Situationsplan – alternativ Svartviken.



Figur 5-21. Svartviken betraktad norrifrån. Industribanmen och driftområdet för djupförvaret till vänster i bild och småbåtshamnen till höger. Där mellan marina, entrébyggnader, restaurang, kontor m m.



Figur 5-22. Svartviken – en vy längs gatan som åtskiljer de publika delarna till höger från hamnen och driftområdet längre fram till vänster.

5.4.5 Driftområde 2

Även alternativet Svartviken kräver ett driftområde 2 förlagt rakt ovanför förvaret. De funktioner som bör förläggas till driftområde 2 och områdets utformning skiljer sig inte från vad som beskrivits för alternativ Karlholmsbruk ovan.

5.4.6 Ventilationsbyggnader

Även i detta fall erfordras några lokala ventilationsbyggnader. Lämplig utformning framgår av avsnitt 5.3.6 och figur 5-15.

5.5 Jämförande bedömning

Betraktade ur ett tekniskt perspektiv bedöms alla tre förslag som redovisats ge goda förutsättningar att med rimliga insatser bygga och driva anläggningarna med god funktion och hög säkerhet. Sedda ur ett lokalt samhällsperspektiv kan man säga att förslagen har olika utgångspunkter och inriktning, ifråga om vad man vill uppnå med etableringen. Jämförelser är därför svåra att göra, och blir till delar en fråga om subjektiva bedömningar. Utredarna har avstått från sådana värderingar. Nedan listas emellertid ett antal för- och nackdelar med respektive alternativ, vilka kan fungera som stöd vid jämförande värderingar.

Alternativ "Inlandet"

Fördelar:

- stora områden med potentiellt lämplig berggrund,
- betydande valfrihet vad gäller slutlig plats,
- jordbruksmark behöver inte exploateras,
- möjlighet att placera anläggningarna ovan jord rakt ovanför förvaret,
- kort transportavstånd mellan ovanjordsdel och deponeringsnivån,
- endast ett driftområde behövs,
- inga speciella restriktioner för markanvändning.

Nackdelar:

- järnvägsanslutning måste byggas,
- landsvägsanslutning måste byggas och/eller förbättras,
- intrång på mer eller mindre jungfrulig mark,
- infrastruktur i form av vatten, avlopp, elkraft måste byggas,
- all personal måste resa till arbetsplatsen,
- avfallstransporter på allmänna kommunikationsleder,
- hamn utanför kommunen.

Alternativ Karlholmsbruk

Fördelar:

- potentiellt lämplig berggrund på nära avstånd,
- närhet till fungerande industriort,
- goda möjligheter till anslutning mot befintlig infrastruktur,
- det tilltänkta markområdet är obebyggt och lämpligt för ändamålet,
- inga särskilda restriktioner för markanvändning,
- närhet till ortens service,

- begränsat arbetsresande för personalen,
- stimulans för orten.

Nackdelar:

- järnvägsanslutning måste byggas,
- viss störning för angränsande bostadsområden under anläggningstiden,
- två driftområden erfordras,
- avfallstransporter på allmänna kommunikationsleder,
- intrång i hittills inte exploaterat område,
- hamn utanför kommunen.

Alternativ Svartviken

Fördelar:

- kortast möjliga transport mellan fartyg och nerfartstunnel,
- inga avfallstransporter på allmänna kommunikationsleder,
- järnvägsanslutning erfordras ej,
- goda förutsättningar för att bygga en hamn,
- begränsat behov av muddring,
- intressanta synergieffekter för turismen och näringsliv,
- utfyllnad med frigjort berg från nedfartstunneln.

Nackdelar:

- sannolikt ganska stort avstånd till lämplig berggrund,
- intrång i fritidsområde med befintliga fritidshus,
- begränsad infrastruktur på platsen,
- två driftområden erfordras,
- eventuellt risk för ishinder i farleden,
- flertalet anställda måste resa till arbetsplatsen.

6 Referenser

- /1/ **SKB, 1998.** FUD-program 98. Kärnkraftavfallens behandling och slutförvaring. Program för forskning samt utveckling och demonstration av inkapsling och geologisk djupförvaring. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /2/ **SKB, 1998.** Systemredovisning av djupförvaring enligt KBS-3-metoden. SKB R-98-10, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /3/ **Pettersson S, Svemar C samt Vattenfall Energisystem AB och Lange Art AB, 1993.** Anläggningsbeskrivning. Nedfart endast via schakt. SKB AR 44-93-003, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /4/ **Pettersson S, Svemar C samt Vattenfall Energisystem AB och Lange Art AB, 1993.** Anläggningsbeskrivning. Nedfart via spiralramp och serviceschakt. SKB AR 44-93-004, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /5/ **Pettersson S, Svemar C samt Vattenfall Energisystem AB och Lange Art AB, 1993.** Anläggningsbeskrivning. Nedfart via rak ramp. SKB AR 44-93-005, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /6/ **Larsson H, Leijon B, 1999.** Förstudie Oskarshamn. Bergtekniska data, erfarenheter och bedömningar. SKB R-99-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /7/ **Lönnerberg B, Pettersson S, 1998.** Säkerheten vid drift av djupförvaret. SKB R-98-13, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /8/ **Forsgren E, Lange F och Larsson H, 1996.** SFL 3-7, Layoutstudie. SKB AR D-96-016, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /9/ **Ekendahl, A-M, Pettersson, S, 1998.** Säkerheten vid transport av inkapslat bränsle. SKB R-98-14, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /10/ **Leijon B, 1998.** Nord-syd/Kust-inland. Generella skillnader i förutsättningar för lokalisering av djupförvar mellan olika delar av Sverige. SKB R-98-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /11/ **Andersson, L-G. 1998.** Provtillverkning av kopparkapslar med gjutna insatser. Lägesrapport augusti 1998. SKB R 98-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /12/ **Sjöfartsverket, 1993.** Svensk Lots. Sjöfartsverket, Norrköping.
- /13/ **SKB, 1997.** Förstudie Östhammar. Preliminär slutrapport. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /14/ **Sjöfartsverket, 1994.** Svensk Kusthandbok. Sjöfartsverket, Norrköping.

- /15/ **Bergman T, m fl, 1999.** Förstudie Tierp. Jordarter, bergarter och deformationszoner.
SKB R-99-53, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /16/ **SKB, 1995.** Översiktsstudie 95. Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.
- /17/ **Åkerblom G, Lindén A, 1995.** Förstudie Storuman. Radon i djupförvar.
SKB PR 44-94-039, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /18/ **Larsson H, Leijon B, 1996.** Förstudie Östhammar. Bergtekniska erfarenheter i regionen.
SKB PR D-96-025, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /19/ **Ahlbom K, m fl, 1992.** Finnsjön study site. Scope of activities and main results.
SKB TR 92-33, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /20/ **Ahlbom K, Smellie JAT, (eds.) 1989.** Characterization of fracture zone 2, Finnsjön study site.
SKB TR 89-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /21/ **Leijon B, Ljunggren C, 1992.** A rock mechanics study of fracture zone 2 at the Finnsjön site.
SKB TR 92-29, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- /22/ **Follin S, m fl, 1999.** Förstudie Tierp. Grundvattnets rörelse och långsiktiga förändringar.
SKB R-99-57, Svensk Kärnbränslehantering AB.