

Ostlänken

Teknisk beskrivning vattenverksamhet

Delområde Kolmårdstunneln

Norrköpings kommun, Östergötlands län

Bilaga C till ansökan om tillstånd till vattenverksamhet

2024-04-16



Dokumenttitel: Teknisk beskrivning vattenverksamhet Delområde Kolmårdstunneln

Författare: Sweco

Dokumentdatum: 2024-04-16

Ärendenummer: TRV 2017/112658

Dokument ID: OLP2-04-010-21-0_0-1282

Version: _

Innehåll

Innehåll.....	3
Figurförteckning.....	6
Bilageförteckning.....	7
1. Inledning.....	8
1.1. Syfte och omfattning	8
1.2. Översiktlig beskrivning av delsträcka	8
1.3. Vattenverksamhet.....	10
2. Höjdsystem, fixpunkt och koordinatsystem	11
3. Begreppslista	13
4. Planerad anläggning.....	14
4.1. Bana på bank.....	14
4.1.1. Avvattning/dränering av anläggning	15
4.1.2. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet	15
4.2. Bana i skärning.....	15
4.2.1. Avvattning/dränering av anläggning	16
4.2.2. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet	16
4.3. Betongtunnel	17
4.3.1. Avvattning/dränering av anläggning	18
4.3.2. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet	18
4.4. Bergtunnel.....	18
4.4.1. Inklädnad.....	19
4.4.2. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet	19
4.5. Bro	19
4.5.1. Avvattning/dränering av anläggning	20
4.5.2. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet	20
4.6. Trummor och diken.....	20
4.6.1. Trummor	20
4.6.2. Diken	22
4.6.3. Vallar	23
4.6.4. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet.....	23
4.7. Övriga permanenta anläggningar	24
4.7.1. Teknikhus	24
4.7.2. Servicevägar	24
4.7.3. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet.....	24
4.8. Tillfälliga anläggningar.....	24
4.8.1. Arbetsvägar	24

4.8.2.	Etablerings- och upplagsytor	24
4.8.3.	Arbetsområde för anläggningsarbeten	25
4.8.4.	Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet.....	25
4.9.	Dimensionering – klimatanpassning.....	25
5.	Byggmetoder	27
5.1.	Byggmetoder i berg.....	27
5.1.1.	Tunneldrivning.....	27
5.1.2.	Tätning av tunnel	28
5.1.3.	Ridå- och botteninjektering av berg	29
5.1.4.	Bergschakt för bergskärning.....	29
5.1.5.	Vertikala schakt i berg.....	29
5.1.6.	Borrhål i berg	29
5.2.	Jordschakt	30
5.2.1.	Sponter	30
5.3.	Grundläggningsmetoder.....	31
5.3.1.	Plattgrundläggning	31
5.3.2.	Markförstärkningsåtgärder	31
5.4.	Bortledning av grundvatten	31
5.4.1.	Bortledning av länshållningsvatten från öppna schakt i byggskedet	31
5.4.2.	Bortledning av länshållningsvatten från berganläggningar i byggskedet	32
6.	Kolmårdstunneln	33
6.1.	Spårtunneln	33
6.2.	Servicetunnel och tvärtunnlar.....	34
6.3.	Arbets tunnlar.....	34
6.4.	Tunneldrivning	35
7.	Skadeförebyggande åtgärder och skyddsåtgärder	36
7.1.	Skadeförebyggande åtgärder	36
7.1.1.	Erosionsskydd	36
7.1.2.	Tätning kring schakt i jord/berg.....	36
7.1.3.	Tätning av tunnlar	37
7.1.4.	Återföring av vatten till Getåbäcken och Rödmossebäcken.....	38
7.1.5.	Länshållningsvatten till Slottshagens avloppsreningsverk inklusive viss bräddning till Norrviken.....	38
7.2.	Skyddsåtgärder vid arbete i vattenområde	39
7.2.1.	Arbete i torrhet.....	39
7.2.2.	Grumlingsbegränsande åtgärder	39
7.2.3.	Gjutning av betong i vattenområde	40
8.	Anläggningsbeskrivning och vattenverksamhet.....	41
8.1.	Ytvattenverksamheter	43
8.1.1.	Norra tunnelpåslaget (km 94+700 – km 94+860)	43

8.1.2.	Kolmården (km 94+860 – km 99+000)	47
8.1.3.	Getåravinen (km 99+000 – km 99+600).....	51
8.1.4.	Rödmossen (km 99+600 – km 101+000)	53
8.1.5.	Skiren (km 101+000 – km 101+800)	58
8.1.6.	Persdal (km 101+800 – km 102+720).....	58
8.1.7.	Södra tunnelpåslaget (km 102+720 – km 102+910)	60
8.2.	Grundvattenverksamheter	62
8.2.1.	G094-004 Grundvattenbortledning km 94+710 – km 94+720	64
8.2.2.	G094-005 Grundvattenbortledning km 94+720	65
8.2.3.	G094-002 Grundvattenbortledning km 94+730 – km 94+860.....	65
8.2.4.	G098-001 (A-E) Grundvattenbortledning km 94+860 – km 102+720	67
8.2.5.	G102-001 Grundvattenbortledning km 102+720 – km 102+910	76
8.2.6.	G102-002 Grundvattenbortledning km 102+750 – km 102+920	77
9.	Vattenhantering i bygg- och driftskede.....	80
9.1.	Länshållningsvatten från tunneln.....	80
9.2.	Länshållningsvatten från skärningar och schakt.....	83
Referenser		85

Figurförteckning

Figur 1. Områdesindelning längs delsträcka Stavsjö-Loddbý. Delområdet mellan Böksjö-Malmölandet kallas för Kolmårdstunneln.	9
Figur 2. Fixpunkt för delområde Kolmårdstunneln.	12
Figur 3. Illustration för förklaring av järnvägstekniska benämningar. Kontaktledningsstolpar illustreras i Figur 6.	14
Figur 4. Principiell utformning av bank.	15
Figur 5. Principiell utformning av spår i jordskärning.	16
Figur 6. Principiell utformning av spår i djup bergskärning, med alternativa utformningar av sidoområde.	16
Figur 7. Principiell utformning av betongtunnel.	18
Figur 8. Principiell utformning av bergtunnel med servicetunnel (inklusive lokal breddning för uppställningsplats och yta för uppställningsplats för vägfordon).	19
Figur 9. Typskiss dubbelspårsbro.	20
Figur 10. Typsektion överdike.	23
Figur 11. Typsektion vall.	23
Figur 12. Principiell arbetsmetod för tunneldrivning.	27
Figur 13. Illustration av stora sponter. På delområde Kolmårdstunneln kommer eventuella sponter att vara av mindre omfattning.	30
Figur 14. En profil över spårtunneln.	33
Figur 15. Exempel på åtgärder mot grumling av vattendrag. Halmbalar till vänster och geotextil till höger (Källa: t.v. foto Trafikverket (Agne Gunnarsson), t.h. TR Avvattning TDOK 2014:0046.	40
Figur 16. Översikt över delområde Kolmårdstunneln och aktuella vattenverksamheter. Y= ytvatten och G = grundvatten, följt av km-tal och numrering. Numreringen sker utifrån placering enligt banans längdmätning från norr till söder. Karta med endast grundvattenverksamheter, se Figur 30.	42
Figur 17. Sträcka Norra tunnelpåslaget (km 94+700 – km 94+860)	44
Figur 18. Skiss för byggmetod med förbipumpning av Åksjöbäcken.	46
Figur 19. Del 1 (km 94+860 – km 96+400) av sträcka Kolmården (km 94+860 – km 99+000). Inga ytvattenverksamheter finns på denna del av sträcka Kolmården.	48
Figur 20. Del 2 (km 95+900 – km 97+700) av sträcka Kolmården (km 94+860 – km 99+000).	49
Figur 21. Del 3 (km 97+400 – km 99+000) av sträcka Kolmården (km 94+860 – km 99+000). Inga ytvattenverksamheter finns på denna del av sträcka Kolmården.	50
Figur 22. Sträcka Getåravinen (km 99+000 – km 99+600).	52
Figur 23. Återföring av tunnelvatten till Getåbäcken och Rödmossebäcken.	53
Figur 24. Sträcka Rödmossen (km 99+600 – km 101+000).	54
Figur 25. Omgrävning av Rödmossebäcken.	56
Figur 26. Sträcka Skiren (km 101+000 – km 101+800).	58
Figur 27. Sträcka Persdal (km 101+800 – km 102+720).	59
Figur 28. Sträcka Södra tunnelpåslaget (km 102+720 – km 102+910).	61
Figur 29. Principskiss över makadambädden.	62
Figur 30. Grundvattenverksamheterna på delområde Kolmårdstunneln.	63
Figur 31. Tvärsektion Åksjöbäcken vid Ostlänken.	65
Figur 32. Profil över det norra tunnelpåslaget (km 94+690 – km 94+900).	66

Figur 33. Vattenverksamhet G098-001 med indelningen i de fem delarna (G098-001A – G098-001E) markerade.	68
Figur 34. Profil över del av Kolmårdstunneln (km 94+800 – km 99+200).	69
Figur 35. Profil över arbetstunneln Böksjö.	70
Figur 36. Modell för arbetstunneln Böksjö, se även Figur 17. Rosa är ny bergtunnel och grönt/gult är markarbeten.	70
Figur 37. Profil för arbetstunneln Svartgölen.	70
Figur 38. Modell över arbetstunneln Svartgölen, se även Figur 20. Rosa är ny bergtunnel.	70
Figur 39. Profil över del av Kolmårdstunneln (km 98+500 – km 100+100).	71
Figur 40. Profil över del av Kolmårdstunneln (km 99+300 – km 101+300).	72
Figur 41. Profil över arbetstunneln Rödmossen.	73
Figur 42. Modell över arbetstunneln Rödmossen, se även Figur 20. Rosa är ny bergtunnel.	73
Figur 43. Profil över del av Kolmårdstunneln (km 100+800 – km 102+000). Skiren ligger sydöst om järnvägen och som närmst cirka 100 meter från spårlinjen i plan.	74
Figur 44. Profil över del av Kolmårdstunneln (km 101+600 – km 102+800).	75
Figur 45. Profil över arbetstunneln Persdal.	75
Figur 46. Modell över arbetstunneln Persdal, se även Figur 27. Rosa är ny bergtunnel och grönt/gult är markarbeten.	75
Figur 47. Profil över det södra tunnelpåslaget (km 102+650 – km 102+920).	77
Figur 48. Fördröjningsdamm med tillhörande VA-ledningar mot Norrviken.	79
Figur 49. Illustration av vattenhantering som planeras på produktionsytorna.	80
Figur 50. Översikt över ledningsanläggningen för hantering av länshållningsvatten från tunneln under byggskedet.	81
Figur 51. Lösning för länshållningsvatten med utsläpp mot Nodra och Norrviken.	82
Figur 52. Schematisk översikt av en möjlig sedimenteringscontainer sett från sidan. Inloppslåda (A), spalt för fördelning av vatten (B), högsta vattenyta (C) och plåt för oljeavskiljning (D).	83

Bilageförteckning

Bilaga C.1 Plan- och profilkartor

Bilaga C.2 Broritningar

1. Inledning

1.1. Syfte och omfattning

Denna tekniska beskrivning är en bilaga till ansökan om tillstånd till vattenverksamhet för Ostlänken för delsträckan Stavsjö-Loddby, delområdet Kolmårdstunneln. Dokumentet redovisar det tekniska utförandet av planerade vattenverksamheter samt de anläggningsdelar som medför eller påverkar utförandet av vattenverksamheter.

I den tekniska beskrivningen redovisas även utförandet av skadeförebyggande åtgärder. I miljökonsekvensbeskrivningen till ansökan beskrivs konsekvenser av föreslagna arbeten, förslag till försiktighetsåtgärder och behov av kontrollprogram.

Underlag till den tekniska beskrivningen är hämtad från:

- Systemhandlingsprojekteringen,
- Järnvägsplan Stavsjö-Loddby med MKB,

Inledande kapitel 2-5 och 7, är i huvudsak generella och till stor del gemensamma för samtliga tekniska beskrivningar för Ostlänkens olika delar. I kapitel 2 anges höjdsystem, fixpunkt och koordinatsystem. I kapitel 3 redovisas en begreppslista med termer som återkommer i dokumentet. I kapitel 4 beskrivs Ostlänkens anläggningsdelar och på vilket sätt de kan medföra vattenverksamhet. I kapitel 5 beskrivs aktuella bygghetoder, det vill säga hur de olika anläggningsdelarna som kan medföra vattenverksamhet kommer att utföras. I kapitel 6 beskrivs den planerade tunneln i delområdet, Kolmårdstunneln. I kapitel 7 beskrivs skadeförebyggande åtgärder och skyddsåtgärder. I kapitel 8 beskrivs utförandet av planerade vattenverksamheter inom delområde Kolmårdstunneln. I kapitel 9 beskrivs utförandet av vattenhantering som är indirekt kopplad till vattenverksamheter.

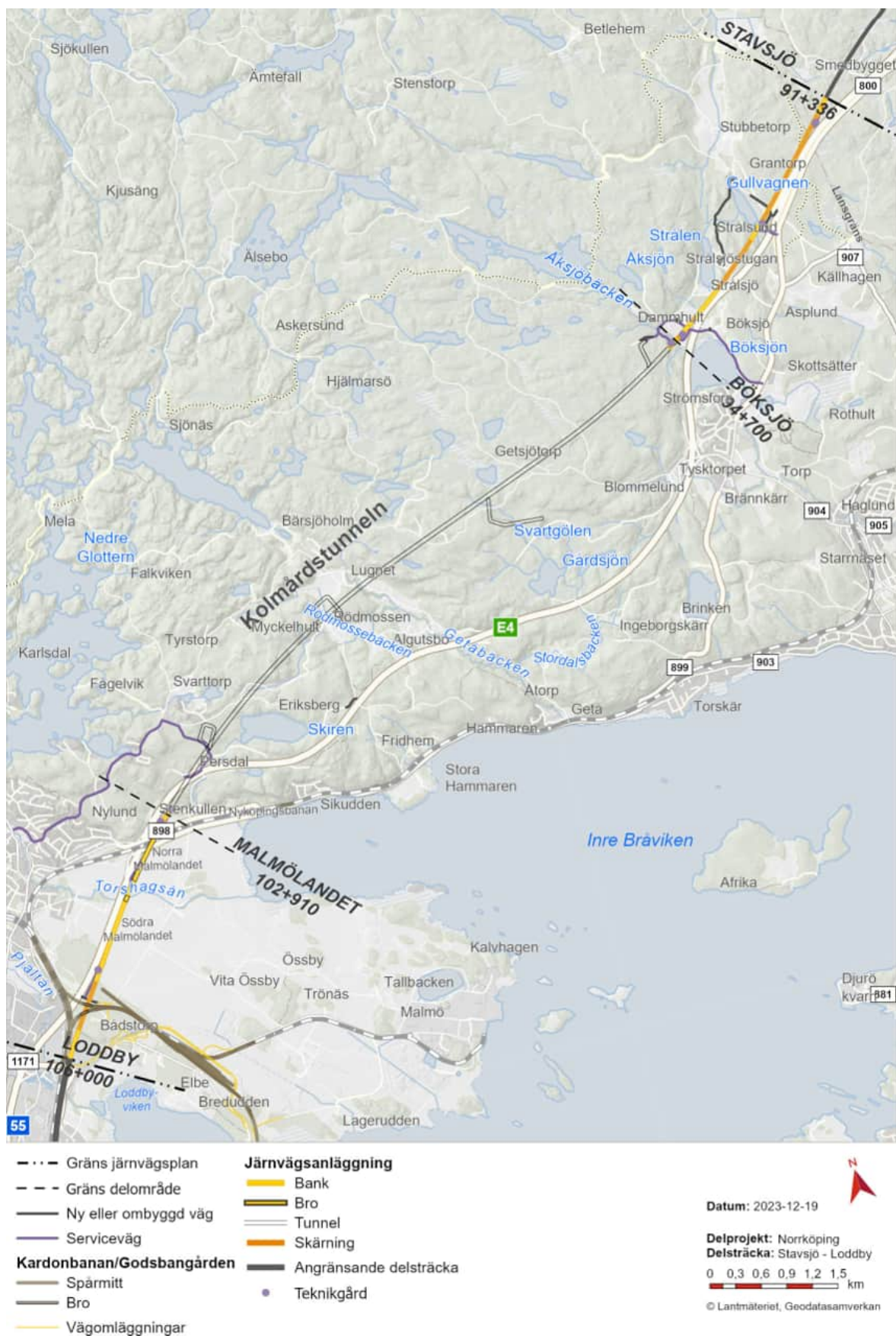
1.2. Översiktlig beskrivning av delsträcka

Den aktuella delsträckan av Ostlänken börjar i norr i höjd med Stavsjö och sträcker sig till Loddby. Sträckan är totalt cirka 15 kilometer lång. I norr startar delsträckan i Nyköpings kommun, i ett skogsparti söder om trafikplats Stavsjö. Cirka 480 meter söderut går delsträckan in i Norrköpings kommun.

Delsträckan, Stavsjö-Loddby, har delats upp i tre tillståndsansökningar enligt listan nedan. Uppdelning visas även i Figur 1.

1. Stavsjö-Böksjö (km 91+336 – km 94+700)
2. **Kolmårdstunneln (km 94+700 – km 102+910)**
3. Malmölandet-Loddby (km 102+910 – km 106+000)

Denna tekniska beskrivning tillhör delområdet Kolmårdstunneln.



Figur 1. Områdesindelning längs delsträcka Stavsjö-Loddbý. Delområdet mellan Böksjö-Malmölandet kallas för Kolvårdstunneln.

Norr om Kolmårdstunneln går anläggningen i skärning eller på bank genom kuperade höjdområden och genom områden med flackare topografi. Från strax väster om Böksjö till Bråvikenbranten går anläggningen i tunnel genom ett landskap som domineras av kuperade höjdområden. Söder om Bråvikenbranten öppnar landskapet upp sig i ett låglänt område med mindre kuperad topografi och anläggningen passerar på bro, bank och skärning.

1.3. Vattenverksamhet

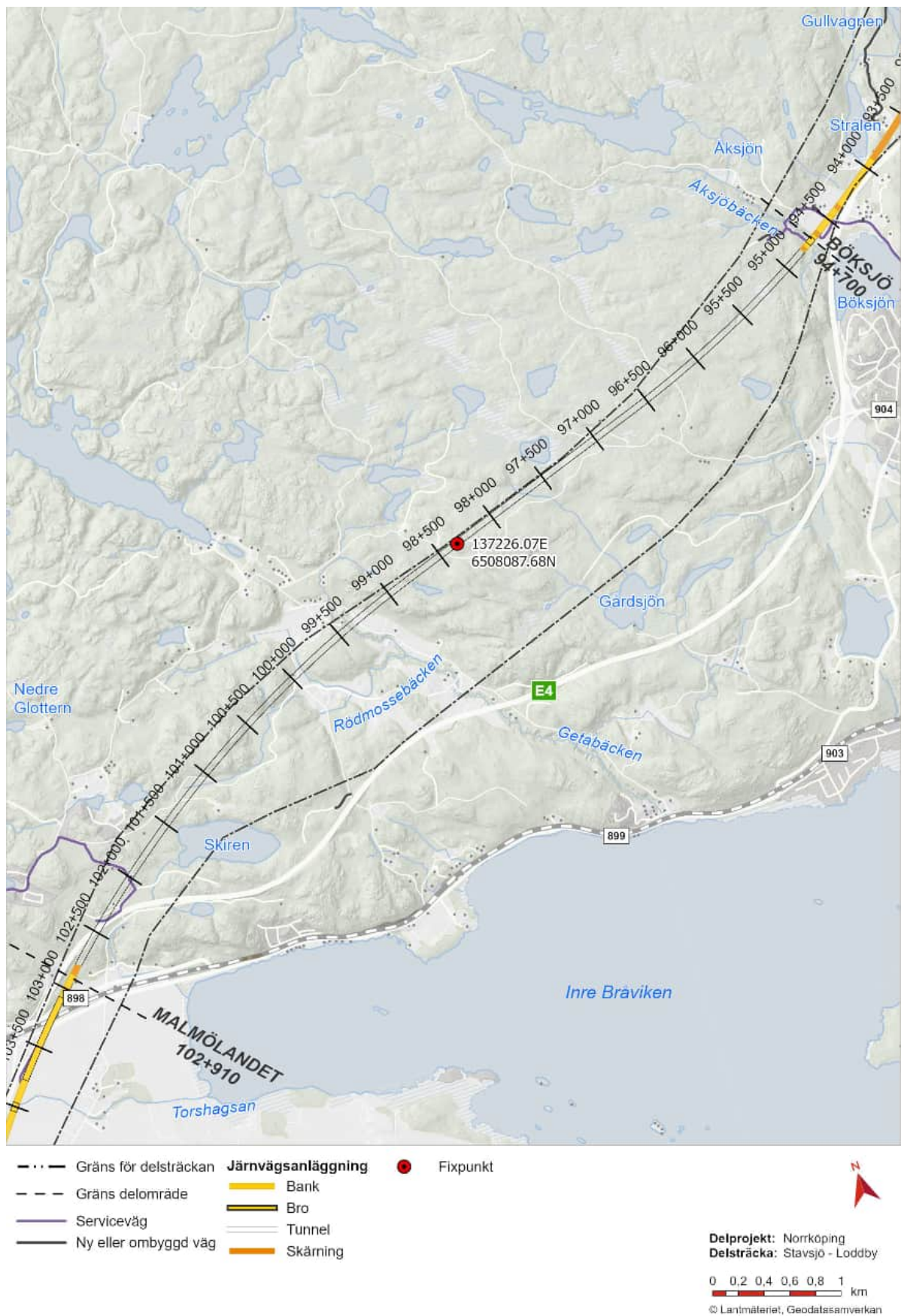
En sammanställning av de vattenverksamheter som denna Tekniska beskrivning omfattar finns i Bilaga B *Sammanställning vattenverksamheter som teknisk beskrivning omfattar*.

2. Höjdsystem, fixpunkt och koordinatsystem

De koordinater och nivåer som förekommer i den tekniska beskrivningen anges i höjdsystemet RH 2000 (meter) och koordinatsystemet SWEREF 99 16 30. Fixpunkt som används för delområde Kolmårdstunneln visas i Figur 2 samt redovisas i Tabell 1.

Tabell 1. Fixpunkt för Kolmårdstunneln.

Punkt	X	Y	Z	Markering
796151	137226,1	6508087,7	80,2	Rör i berg



Figur 2. Fixpunkt för delområde Kolmårdstunneln.

3. Begreppslista

I detta avsnitt förklaras ett antal av de termer som återkommer i texterna i detta dokument.

Tabell 2. Sammanställning av vanliga begrepp.

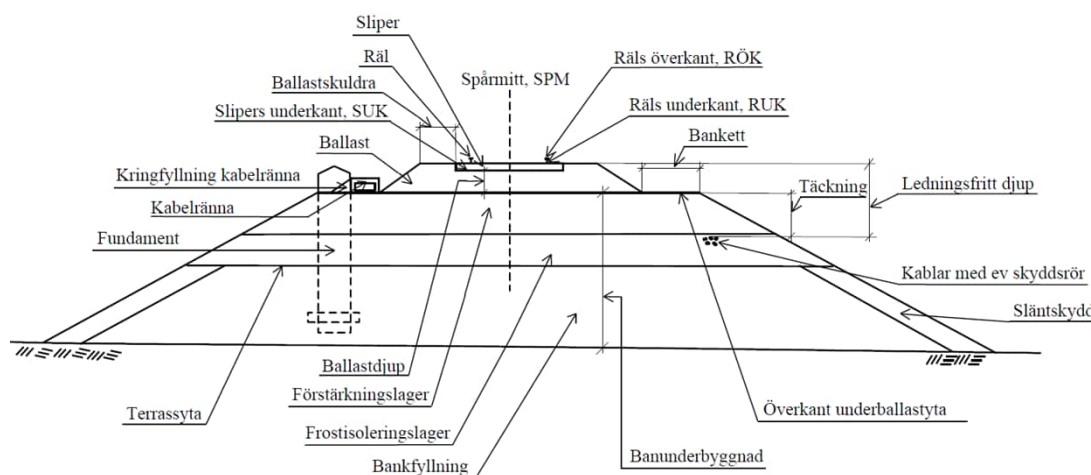
Avvattningssystem	Omfattar anläggningsdelar för att samla upp och avleda dagvatten och grundvatten, dvs. diken, dagvattenledningar, dräneringsledningar, brunnar, trummor etcetera
Bandike	Dike som anläggs vid sidan av banan för att hålla bankroppen dränerad.
Bankdike	Dike vid bankfot (botten på slänten vid en bank) avsett att avleda dagvatten.
Bank	Terrassytan är belägen på högre nivå än befintlig markyta. Terrassytan bildar gräns mellan överbyggnad och underbyggnad (bank) eller mellan överbyggnad och undergrund (skärning).
Byggskede för vattenverksamhet	Det skede under vilket byggnation pågår som förändrar grundvattenpåverkan, till exempel drivning av tunnel, borrhning av schakt, bergförstärkning, efterinjektering. mm. För schakt i jord innebär det att samtliga anläggningsdelar som påverkar grundvattenmagasin i jord är färdigbyggda. För arbeten i ytvatten innebär det att fysiska arbeten är avslutade och grumling till följd av arbetena har upphört.
Dagvatten	Tillfälligt vatten på ytan av mark eller konstruktion, till exempel regnvatten, smältvatten, framträngande grundvatten.
Driftskede för vattenverksamhet	Det skede som startar efter byggskede vattenverksamhet då anläggningen är så pass färdigbyggd att ingen större förändring av vattenverksamheten sker längre. För berganläggningar innebär det att tunneldelar är färdigutsprängda och erforderligt tätade. För schakt i jord innebär det att samtliga anläggningsdelar som påverkar samma grundvattenmagasin i jord är färdigbyggda och anläggningens påverkan på grundvattennivåer i omgivningen har stabiliserats. För byggande i vatten innebär det att ingen ytterligare byggnation i vatten sker och grumling till följd av arbetena har upphört.
Dräneringsvatten	Inläckande grundvatten (i schaktgrop eller anläggning under grundvattennivån) som leds bort i dräneringsledningar.
Ledning	Rör som placeras i väg eller järnvägsbank så att mindre vattendrag kan passera. Till skillnad från trumma så har en ledning noder där ledningen ändrar riktning.
Länshållningsvatten	Det vatten som i byggskedet avleds från ett arbetsområde. Länshållningsvatten kan utgöras av nederbörd, dagvatten från omgivningen, dräneringsvatten och processvatten.
Naturflöde	Naturligt förekommande flöden av ytvatten av såväl permanent karaktär som tillfälligt förekommande. Permanenta naturflöden är till exempel åar, bäckar och vattendrag. Tillfälliga naturflöden är sådana som uppstår till exempel vid stora nederbördsmängder och vid snösmältning.
Processvatten	Processvatten är vatten som används för anläggningsarbeten, exempelvis vid betonggjutning eller till kylning vid bergborrning. Vid tunneldrivning blandas processvatten med inläckande grundvatten, vid skärningar och påslag även med dagvatten.
Skärning	Järnvägens terrassyta är belägen på lägre nivå än befintlig markyta.
Skärningsdike	Dränerar samt tar emot och avleder dag- och dräneringsvatten från anläggningen. Utförs i jordskärning som öppna diken. Utförs i bergskärning som fyllda diken med bergkrossmaterial.
Trumma	Rör som placeras i väg eller järnvägsbank så att mindre vattendrag så som diken, bäckar eller regnaansamlingar kan passera.
Vall	Vallar har samma funktion som överdiken men anläggs i områden med tunna jordlager för att undvika sprängning av berg.
Överdike	Dike som anläggs ovanför slänt eller skärning i syfte att leda dagvatten förbi slänten/skärningen på ett sätt som inte orsakar skador i form av exempelvis erosion.

4. Planerad anläggning

Ostlänken dimensioneras för en hastighet på 250 km/h. Höga hastigheter innebär att spårlinjen behöver vara relativt rak och ha stora kurvradier. Detta innebär svårigheter att följa nära terrängen varför järnvägen generellt kommer att bestå mer av broar, djupa skärningar, höga bankar och tunnlar än dagens järnvägar.

Ostlänken planeras att utföras med konventionell ballasterad spåröverbyggnad. En ballasterad bana innebär att rälna fästs vid slipers i en bädd av makadamballast. Makadamen utgörs av krossat bergmaterial. En ballasterad bana medför att nederbörd och dagvatten kan infiltrera och fördröjas i bankroppen.

Här ges en generell beskrivning av de olika anläggningsdelar, hur de avvattnas och hur de har betydelse för planerad vattenverksamhet. I kapitel 8 beskrivs utförandet längs aktuellt delområde Kolmårdstunneln.



Figur 3. Illustration för förklaring av järnvägstekniska benämningar. Kontaktledningsstolpar illustreras i Figur 6.

4.1. Bana på bank

Bank är en förhöjning av järnvägen ovan omkringliggande mark, se Figur 4.

Banken utgörs av olika delar med olika funktioner, se Figur 3.

Banunderbyggnaden (som ballasten vilar på), räknat uppifrån, utgörs av ett förstärkningslager och vid behov ett frostisoleringslager på bankfyllning. Banöverbyggnad är underst ballasten, ovanpå ligger slipers följt av själva spåren.

Förstärkningslagret syftar till att jämna ut lokala styvhetsvariationer i banken samt begränsa nedböjningen i rälna till hanterbara storlekar. Förstärkningslagret består av krossat berg av specifik kvalitet och fraktion.

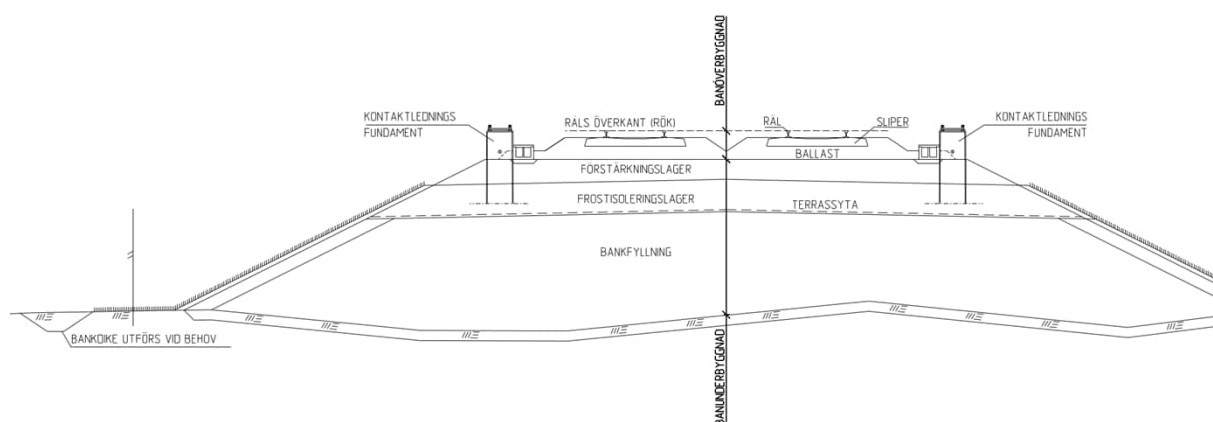
Frostisoleringslager utförs då grundläggning sker på jord som klassas som tjälfarlig. I en tjälfarlig jord (frostaktiv) bildas islinser vintertid i den frysande jorden. Islinser medför en lyftkraft genom

volymförändring i jordlagret (så kallad tjällyftning). När islinserna smälter så ger det ökade vatteninnehållet i jorden en nedsatt bärighet. Frostisoleringslager minskar dessa problem.

Bankfyllningen syftar till att jämna ut den underliggande markytan och skapa en plan bana. Bankfyllningen utgörs huvudsakligen av materialtyp 1 (sprängsten och krossat berg), men kan även utgöras av materialtyp 2 (bland annat sand och grus).

Banken kommer att utföras med vegetationsbeklädda slänter. Detta syftar till att skapa artrika järnvägsmiljöer, minskar behovet av vegetationsbekämpning och fördröjer ytavrinningen på banken.

Banken grundläggs om möjligt på en yta av fast lagrad friktionsjord eller berg. Om det förekommer tunnare lager av organisk eller lös jord (exempelvis lera, torv, gyttja) schaktas den bort för att nå de fastare jordlagren. Om undergrunden består av mäktigare lager av lösa jordar behöver marken under banken först grundförstärkas, se avsnitt 5.3.2.



Figur 4. Principiell utformning av bank.

4.1.1. Avvattning/dränering av anläggning

Ballasten i banköverbyggnaden har normalt kapacitet för nederbördsvatten att infiltrera i bananläggningen. Vid behov anläggs diken och/eller dräneringsledningar, för att samla upp dagvatten och förhindra erosion i banksläntfot. De djupaste schakterna för denna anläggningsdel är i regel de för bandiken och dränering på ömse sidor om banken, Figur 4.

4.1.2. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet

Arbeten i vattenområde i byggskedet blir aktuellt där banan korsar vattendrag/diken.

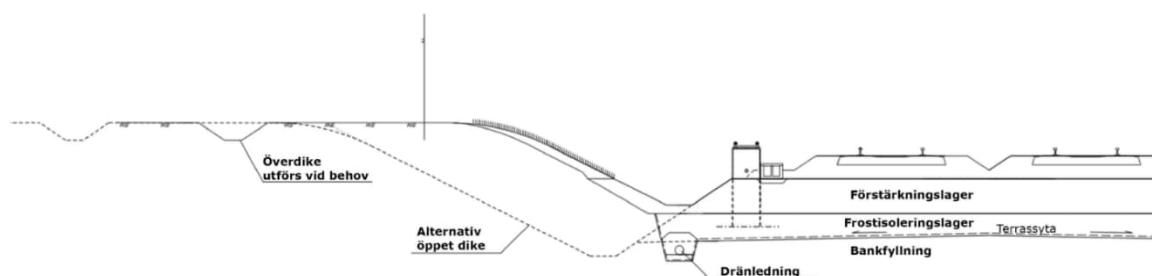
I driftskedet kan viss grundvattenbortledning ske vid höga grundvattennivåer i de bandiken som syftar till att dränera banken.

4.2. Bana i skärning

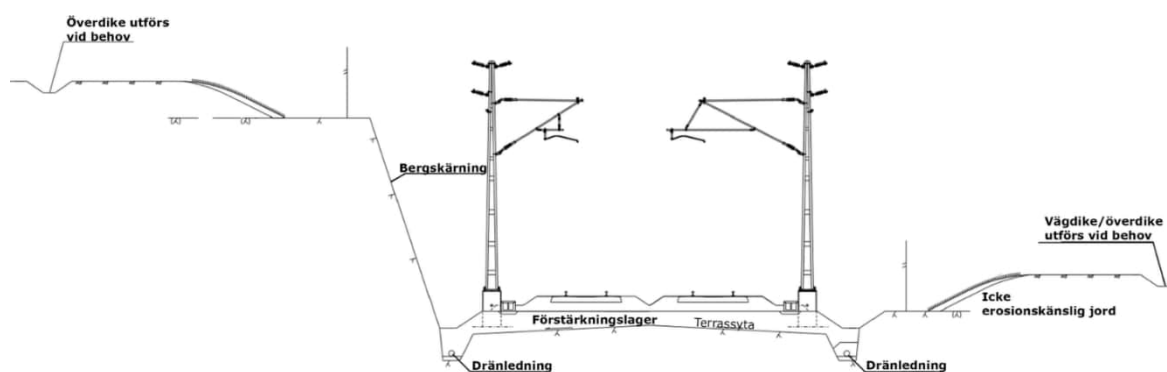
Skärning innebär att järnvägen har en lägre nivå än omgivande mark och skär genom terrängen. Skärning för banan kan utföras i jord och i berg. Bankroppen byggs upp av packad fyllning av bergkrossmaterial.

Principiell utformning, typsektion, av spår i jordskärning respektive djup bergskärning framgår av Figur 5 och Figur 6.

Slänter i jord ställs normalt i lutning 1:2 och i berg normalt 3:1.



Figur 5. Principiell utformning av spår i jordskärning.



Figur 6. Principiell utformning av spår i djup bergskärning, med alternativa utformningar av sidoområde.

4.2.1. Avvattning/dränering av anläggning

Bana i skärning dräneras antingen med ett krossfyllt makadamdike förstärkt med dräneringsledningar eller med öppna bredare diken där dikesbotten styr dräneringsnivå. Vid slutet av skärningen infiltreras dräneringsvattnet om möjligt till omgivande mark. Sprängning av berg på nivåer under schaktbotten kan bli aktuellt för att uppnå erforderlig dränering av terrassen i bergskärning.

Utlopp för dagvatten utförs vid övergång från skärning till bank där terrängen möjliggör avledning av dagvattnet ut från järnvägsanläggningen.

4.2.2. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet

Anläggningstypen medför grundvattenbortledning både i drift- och byggskede, i de fall schaktbotten eller dräneringsdikens bottennivå är lägre än rådande grundvattennivåer. Till större delen kommer dräneringsvattnet i diken att utgöras av dagvatten (nederbörd och markvatten). Skärningar kan

innebära att naturliga flödesvägar för ytvatten och vattendrag skärs av. Arbeten i vattenområde i byggskedet blir aktuellt om korsande vattendrag/diken behöver ledas om eller grävas ur i närheten av skärningen.

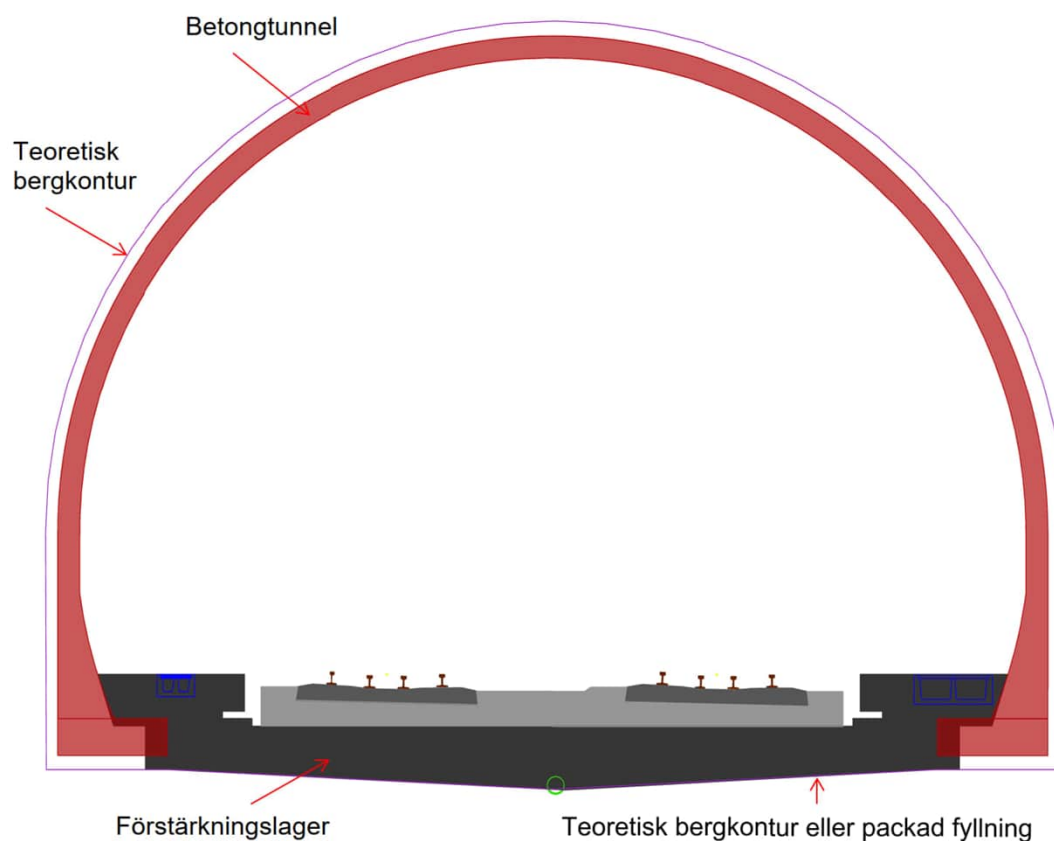
4.3. Betongtunnel

Betongtunnel utförs framför allt där geologin inte medger vare sig skärning eller en bergtunnel och även ofta i början och slutet av bergtunnlar. Betongtunneln ansluts då en bit in i berget (så kallat inslagsvalv) för att erhålla en stabil och tät övergång till bergtunneln. Betongtunnel kan även utföras för att möjliggöra passage av väg över Ostlänken.

Betongtunnlar utförs med tak av betong och botten och väggar av betong eller berg. Berget tätas vid behov genom injektering. Vid de fall då grundvattennivån behöver hållas på en högre nivå används en betongkonstruktion utan bakomliggande dränering med tätskikt för att förhindra vattentransport genom väggar och golv. Tunnelväggar i betong kan även anläggas på öppen botten, d.v.s. väggarna plattgrundläggs på jord, där det är mäktiga jordlager men botten inte behöver vara tät. Lite grundvatten kan då läcka in där betongplattan förläggs under grundvattennivån.

Betongtunnlar genomförs normalt som ”cut-and-cover”, d.v.s. att konstruktionen byggs i en öppen schaktgrop som sedan återfylls. I undantagsfall kan även en s.k. top-down-lösning tillämpas. Det innebär att betongväggar byggs i smala slitsar (schakter) från markytan, varefter ett betongbjälklag byggs på marken på ytan mellan väggarna. Urschaktning av jorden för tunneln utförs sedan under detta bjälklag, vilket innebär att bjälklaget kan trafikeras under byggtiden.

I Figur 7 redovisas den principiella utformningen av betongtunnlar.



Figur 7. Principiell utformning av betongtunnel.

4.3.1. Avvattning/dränering av anläggning

Dagvatten och eventuellt dräneringsvatten i tunneln samlas upp och avleds i dräneringsledningar.

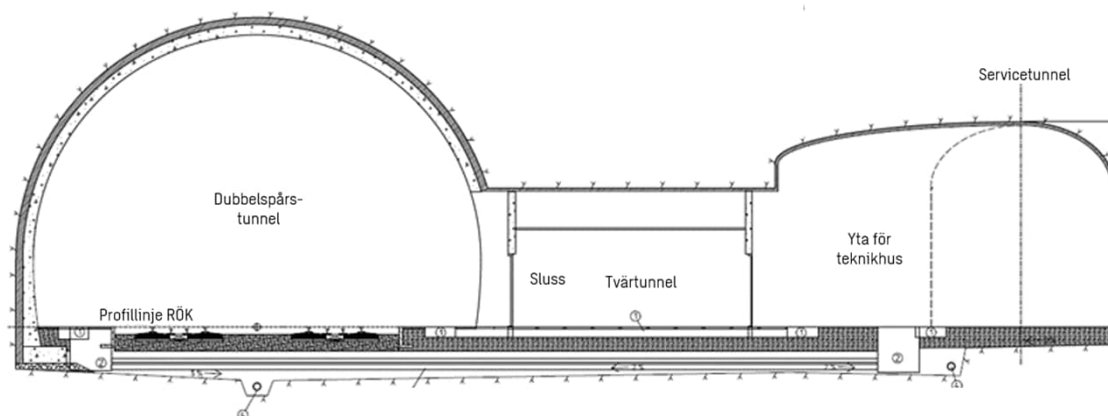
4.3.2. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet

Vid byggnation av otätad betongtunnel krävs oftast tillfälliga stödkonstruktioner och ofta åtgärder för att minska inläckage av grundvatten till schakten. Inläckage av grundvatten till tunneln kan, beroende på dess utformning, val av dräneringsnivå med mera, medföra viss grundvattenbortledning även i driftskede. Dimensionering av dräneringsnivå kring anläggningen utförs med hänsyn till rådande och framtida grundvattennivåer och den grundvattenpåverkan som får uppkomma. Arbeten i vattenområde i byggskedet blir aktuellt om korsande vattendrag/diken behöver ledas om, tillfälligt eller permanent, se avsnitt 4.6.

4.4. Bergtunnel

Ostlänken anläggs genom berg som en dubbelspårstunnel. För dubbelspårstunnel längre än 800 meter byggs även en längsgående servicetunnel. Dubbelspårstunneln är förbunden med servicetunneln via tvärtunnlar cirka var 400 meter (se Figur 8).

Service tunnelns syften är att ombesörja utrymning till säker plats, och göra anläggningen tillgänglig även denna väg för drift och underhåll. I servicetunnel, och då i anslutning till tvärtunnel, kommer uppställningsplats för fordon eller teknikhus iordningställas.



Figur 8. Principiell utformning av bergtunnel med servicetunnel (inklusive lokal breddning för uppställningsplats och yta för uppställningsplats för vägfordon).

4.4.1. Inklädnad

Som skydd mot dropp och isbildning i trafikutrymmet förses spårtunnlarna för järnvägen med inklädnad. Inklädnaden kommer att ske med konventionell vatten- och frostsäkring med insprutade dräner vars vatten leds ner till ledning i sulan för avledning. Troligtvis kommer det att bli kontinuerliga dräner genom hela tunneln, men enskilda drän eller inga dräner kan nyttjas om särskilt torra områden skulle påträffas. Denna typ av inklädnad har en livslängd på cirka 60 år. Denna lösning gäller även för servicetunnlar och arbetstunnlar.

I byggskedet kommer inläckande grundvatten till tunnlar att ledas bort tillsammans med processvatten och annat vatten genom länshållning vid lågpunkt, alternativt med självfall. Vattnet leds via ledningar till markytan vid tunneldmyningarna. I driftskedet samlas dräneringsvatten in i dränledningar och pumpas från tunneln.

Ostlänkens tunnlar har inget behov av att tvättas så det kommer inte att finnas något separat system för att omhänderta tvättvatten.

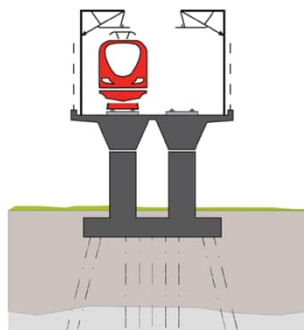
4.4.2. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet

Bergtunnlar och andra berganläggningar tätas vid behov för att reducera inläckage av grundvatten. Eftersom berget aldrig blir helt tätt kommer grundvatten att läcka in även för den färdiga anläggningen och behöva ledas bort (dräneringsvatten).

4.5. Bro

Broar kan utföras som platsbyggda betongbroar, men det finns en mängd olika typer av brokonstruktioner som kan bli aktuella. Vilken brotyp som är bäst att använda beror bland annat på spännvidd, eventuella begränsningar i höjd på överbyggnaden och arkitektonisk anpassning.

Först anläggs en arbetsväg parallellt bron, därefter utförs jord- och eller bergschaktningsarbete för brostöd och landfästen. Järnvägsbroar utförs i huvudsak som dubbelspårsbroar, se Figur 9. På delsträckan förekommer också vägbro.



Figur 9. Typskiss dubbelspårsbro.

4.5.1. Avvattning/dränering av anläggning

Broarnas överbyggnad avvattnas normalt genom placering av ytavlopp med ett avstånd av cirka 10-20 meter i brons längdled. Brobanans överyta förses med fall i tvärled och längdled för att tillse att vatten inte blir stående på brobanaplattan. I det fall vatten från ytavlopp behöver ledas bort utförs detta med stamledningar under brobanan till plats där vattnet kan hanteras eller infiltreras. Ytvatten avleds även längs brobanans överyta till landfästen.

4.5.2. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet

Vattendrag och diken kan påverkas av broar. Schakt och sponter för grundläggningsarbeten kan erfordras i vattenområde. Vattendrag kan behöva grävas om och erosionsskydd läggas i vattenområdet.

Tillfällig grundvattenbortledning kan uppkomma vid schakt för landfästen.

4.6. Trummor och diken

4.6.1. Trummor

Trummor i banvallen utförs i första hand i betong. Övriga trummor som inte tillhör banvallen utförs även i plåt eller polypropen. Trummans tvärsnitt är oftast cirkulärt men även andra utformningar kan förekomma, till exempel ellips eller valv. Om trummans diameter/spännvidd överstiger 2 meter klassas konstruktionen som en bro och dimensioneras som en sådan.

De trummor som kommer att dimensioneras under bygghandlingsprojekteringen ska utföras enligt Trafikverkets regelverk, enligt nedan. Även de trummor som har dimensioneras ska utföras i tillämpliga delar, enligt nedan.

Minsta innerdiameter enligt Tabell 3. I lösa eller flytbenägna jordar ska förstärkt grundläggning utföras. Trumma ska utformas så att tjällyftning inte skadar konstruktionen.

Vid dimensionering har hänsyn tagits till ett framtida klimat, se avsnitt 4.9.

Tabell 3. Minsta innerdiameter för trummor i aktuell klimatzon.

Trummlängd (m)	Trummor genom järnväg (mm)	Trummor genom belagda vägar förutom GC-vägar	Trummor genom grusväg	Sidotrummor	Trummor genom GC-vägar (oberoende av klimatzon)
<15	600	500	400	300	300
15-25	600	600	500	300	300
>25	800	800	600	400	400

Korsningsvinkeln mellan trumma och väg eller järnväg ska utformas så rät som möjligt.

Korsningsvinkeln mellan trumma och järnväg får inte understiga 80 grader.

Trummor ska utformas så att de inte utgör vandringshinder för fiskar, andra vattenlevande organismer eller djur som använder vattendraget som vandringsstråk. För trumma som ska ha funktion som vattenfaunapassage gäller:

- Ska ha en minsta innerdiameter om 600 mm.
- Vattendrags normala vattenhastighet ska vara oförändrad genom vattenförande järnvägs- eller vägtrumma i faunapassage för vattenlevande djur.
- Vattendjupet i faunapassage för vattenlevande djur ska efterlikna vattendragets naturliga djup.
- Bottensubstratet i faunapassage för vattenlevande djur ska efterlikna vattendragets naturliga.
- Järnvägs- eller vägtrumma ska placeras och utformas så att bottenlevande djur, fiskar och andra djur som är beroende av vattendraget kan vandra obehindrat uppströms såväl som nedströms.

Dimensionering av trummor utförs så att lutningen och flödeshastigheten inte avviker från omgivande delar av vattendraget. Bottensubstratet i trumman väljs så att det liknar det ursprungliga vattendragets. Där trummans längd överstiger 30 meter eller lutning över 30‰ kan annan form än cirkulärt tvärsnitt behöva läggas, med mycket stort överdjup (upp till halva diametern) för att funktionen som faunapassage ska uppnås.

Trumma som används för genomledning av vatten ska läggas på ett större djup än botten på angränsande dike eller anslutande vattendrag, med minsta överdjup enligt Tabell 4.

Tabell 4. Minsta överdjup på trumma.

Innerdiameter (mm)	Överdjup (mm)
300	50
300 < innerdiameter ≤ 500	100
500 < innerdiameter ≤ 800	150
800 < innerdiameter ≤ 1600	200
1600 < innerdiameter	300

Överdjup på trumma används för att nyttja trummans hydrauliska egenskaper, undvika underspolning och minska risken för att trumma utgör ett vandringshinder.

Minsta respektive största tillåtna fyllningshöjd under spår och väg ska uppfylla kraven enligt Tabell 5.

Tabell 5. Tillåten fyllningshöjd för trummor.

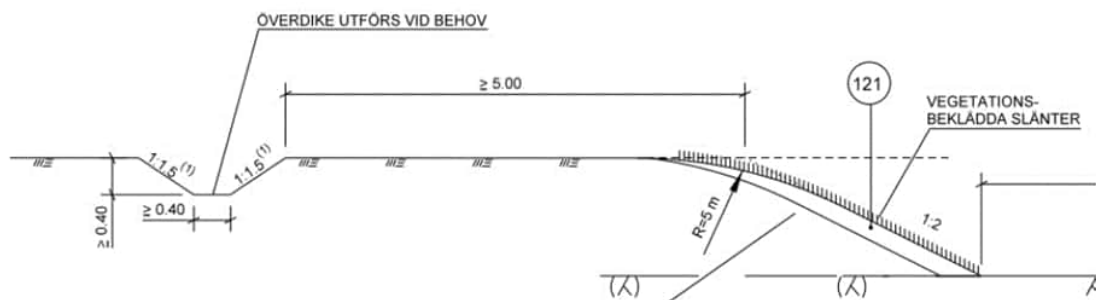
Järnväg under RUK	Motorväg, motortrafikled	Övrig väg, parkeringsplats	GC-väg	Grönyta. Naturmark
1,50-6,0	0,80-6,0	0,60-6,0	0,40-6,0	0,30-6,0

Vid trum- och ledningsöppningar ska erosionsskyddet för vattendragets botten och slänter dimensioneras enligt Trafikverkets regler. Material för erosionsskydd av trumma som ska ha funktion som vattenfaunapassage bör vara anpassat efter vattenfaunans behov. Skarpkantat material bör undvikas på ytan för att vattenfauna inte ska skadas.

4.6.2. Diken

Diken anläggs för att hantera avvattningen av järnvägsanläggningen. Följande typ av diken finns på aktuellt delområde: bankdiken, överdiken och skärningsdiken. Bankdiken och skärningsdiken är beskrivet i avsnitt 4.1 respektive avsnitt 4.2.

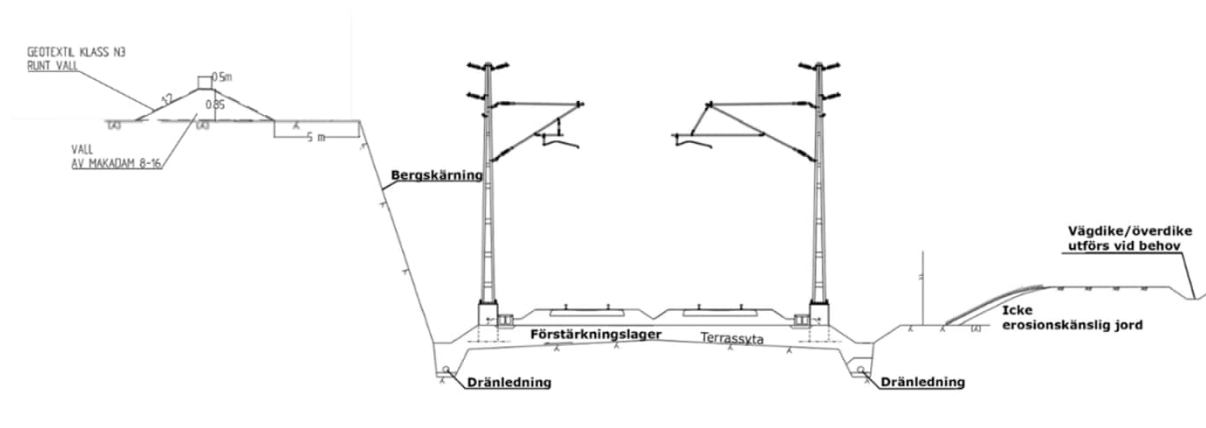
Överdiken är diken som anläggs på skärningssläntens krön för att förhindra att naturflöden från högre liggande mark rinner ned i skärningen, se Figur 10. Överdike placeras mellan 5-10 meter från järnvägens släntröner. Överdiken ska vara minst 0,4 meter i bredd och 0,4 meter i djup och dimensioneras därefter med avseende på det flöde som avrinningsområdet bidrar med.



Figur 10. Typsektion överdike.

4.6.3. Vallar

Ostlänken kommer att skära av naturliga avrinningsvägar och flöden. I fall där jordlagret är 1 meter eller mindre mot befintlig bergnivå så anläggs en vall. Vallen har samma funktion som ett överdike, att hindra att naturvatten flödar ner i skärningarna. Antingen avleds vattnet längsmed vallen fram till befintligt vattendrag eller dike. Vid instängda områden där vattnet inte kan avledas någonstans så anläggs vallen med en trumma som då utgör det strypta utloppet och naturvattnet fördröjs ytligt uppströms om vallen medan det via ett kontrollerat flöde rinner ner till järnvägsanläggningen. Vallen består av packad makadam 8-16 millimeter samt utformas med en släntlutning av 1:2 och en toppbredd av 0,5 meter.



Figur 11. Typsektion vall.

4.6.4. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet

Anläggande och rivning av trummor i ett vattenområde och arbete i vattenområde för att anlägga, gräva i eller fylla igen ett dike är vattenverksamhet, dock inte alltid tillståndspliktig.

4.7. Övriga permanenta anläggningar

4.7.1. Teknikhus

Längsidan av teknikgården placeras parallellt med banans stäckning på den ena sidan om spårområdet. Hänsyn tas till lokala förhållanden så som omgivande terräng, tillgänglighet till servicevägar/angöringsvägar, landskapsförutsättningar och räddningsyta vid tunnelmynning.

Ytor anläggs kring teknikhus. Till dessa ytor ansluts servicevägar. I anslutning till samtliga ytor och servicevägar finns möjlighet till parkering och vändning av fordon.

4.7.2. Servicevägar

Servicevägar anläggs med syfte att nå teknikgårdar och andra EST (el, signal, tele) objekt. Med serviceväg avses tillfartsväg, underhållsväg, räddningsväg med mera. Servicevägens syfte är också att ge tillträde för gummihjulsförsedda fordon längs banan.

Servicevägar anläggs med en vägbredd av cirka 4 meter. I många fall anläggs servicevägar så de kan nyttjas även för byggtrafik.

4.7.3. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet

Vattenverksamhet kan förekomma när teknikhus med tillhörande ytor och servicevägar ska utföras inom vattenområde eller i skärning.

4.8. Tillfälliga anläggningar

Järnvägsplanen har avsatt områden med tillfällig nyttjanderätt avsedda att användas av i första hand entreprenören under bygget av järnvägen. Försiktighetsåtgärder vidtas under byggskedet för att minimera skador på mark och omgivning.

4.8.1. Arbetsvägar

Med arbetsvägar avses vägar som under byggandet av Ostlänken ska fungera som transportvägar för lastbilar och övriga arbetsfordon. Som arbetsvägar kan alla typer av vägar komma att användas, allmänna vägar, enskilda vägar och servicevägar. Där befintliga vägar används kan dessa behövas förstärkas och breddas för att klara av tung trafik. Det kan även behövas anläggas nya tillfälliga vägar där befintliga vägar inte finns eller går att använda till arbetsvägar. Där arbetsvägar anläggs tillfälligt kommer marken att återställas till sitt ursprung i möjligaste mån eller att markägaren erbjuds ersättning för det uppkomna intrånget. Vägbredd för arbetsvägar kan variera mellan 4-8 meter.

4.8.2. Etablerings- och upplagsytor

På ett antal områden vid sidan om järnvägen kommer entreprenören att etablera sig. Områdena kommer att användas för uppställning av bodar, maskiner och kranar. Även byggmaterial såsom jord- och bergmassor, sponter, pålar, formar och armering kommer att hanteras på etableringsytorna. På vissa etableringsytor kan krossverksamhet och betongproduktion bli aktuell. Inom områdena kommer det finnas interna arbetsvägar.

4.8.3. Arbetsområde för anläggningsarbeten

Tillfällig nyttjanderätt finns även för arbetsområden på båda sidor längs järnvägen. Inom områdena kommer olika anläggningsarbeten att utföras för järnvägs- och väganläggningen, såsom schakt, transporter samt mindre lokala och tillfälliga upplag av massor och materiel.

4.8.4. Med anläggningstypen förknippad vattenverksamhet

Utöver den vattenverksamhet som beskrivs för byggnation och drift av den permanenta anläggningen kan vattenverksamhet förekomma inom områdena för tillfällig nyttjanderätt för att kunna använda områdena på ett ändamålsenligt sätt.

Det kan medföra bland annat:

- Anläggande av trummor och ledningar
- Bortrivning av tillfälliga trummor
- Omgrävning av vattendrag och diken
- Schakt och fyllning under grundvattennivån

4.9. Dimensionering – klimatanpassning

Järnvägsanläggningen har dimensionerats inom ramen för systemhandlingsprojekteringen för förväntade klimatförändringar under anläggningens tekniska livslängd på 120 år. I första hand har detta påverkat dimensioneringen av trummor, se avsnitt 4.6.1. Till följd av stora osäkerheter i klimatprognoser används det högsta framtagna strålningsindrivningsscenarioet, vilket är RCP (Representative Concentration Pathways) 8.5. Den föreslagna arbetsgången är att Ostlänkens anläggningsdelar dimensioneras utifrån tre konsekvensklasser. För dessa konsekvensklasser definieras dimensionerande vattennivåer, nederbörd och havsnivå för tre olika tidsperioder:

- Byggskede
- Driftskede fram till år 2100
- Driftskede efter år 2100

Konsekvensklasserna betecknas 1-3 och konsekvensklass 3 gäller vid

- Vid risk för allvarliga personskador
- Mycket stora återställningskostnader
- Allvarlig och bestående miljöskada
- Allvarliga störningar av transportförsörjningen

Att dimensionera utifrån konsekvensklass 3 kan innebära stora kostnader. Klassningen bör därför användas omsorgsfullt. Konsekvensklass 3 ska alltid tillämpas på tunnel, tråg och skärning om det finns risk för stående vatten och något av de övriga kriterierna utöver "Allvarliga störningar av transportförsörjningen" enligt ovan är uppfyllt.

Konsekvensklass 1 gäller vid

- Mycket låg risk för personskada
- Mycket liten återställningskostnad
- Tillfällig och lindrig miljöskada
- Små störningar av transportförsörjningen

Konsekvensklass 2, omfattar de fall som ligger mellan gränserna för konsekvensklass 1 och 3. Utgångspunkten har varit att merparten av Ostlänkens alla delar ska utredas inom ramen för konsekvensklass 2.

För konsekvensklass 2 gäller för minsta dimensionering en återkomsttid på 50 år för flöde och nederbörd. För nederbörd gäller en klimatfaktor på 1,25 för driftskede före år 2100 och 1,38 för driftskede efter år 2100. För flöden har vattendragsspecifika klimatkorrigeringar gjorts.

För konsekvensklass 2 gjordes en konsekvensutredning för minst återkomsttiderna 100 år och 200 år. Minsta dimensionering är gemensam för konsekvensklass 2 och 3, dvs. en återkomsttid på 50 år används. För konsekvensklass 3 skulle konsekvensutredningen dock visa att konsekvenserna som uppstår vid BHF (beräknat högsta flöde) och regnklass 3 är acceptabla. Regnklass 3 är definierat som ett CDS (Chicago Design Storm) regn på 200 millimeter under 6 timmar och med 10 minuter centralt block på 71 millimeter. Regnet är i samma storleksordning som det som inträffade i Köpenhamn år 2011.

Vidare utfördes en kostnadsnyttoanalys utförts för att bestämma den slutliga utformningen på den specifika konstruktionsdelen. Det innebär till exempel att en trumma dimensioneras upp för att undvika stående vatten som kan skada anläggningen.

5. Byggmetoder

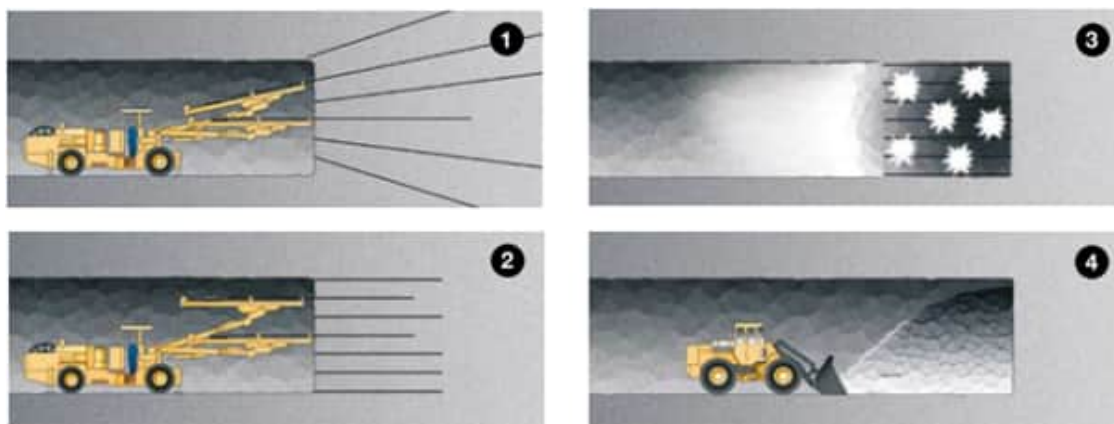
I detta kapitel redovisas de vanligaste byggmetoderna som kommer att användas för att bygga Ostlänken och tillhörande anläggningsdelar på aktuellt delområde som är kopplat till vattenverksamheter och vattenhantering. Vilka metoder som används på varje specifik plats kommer i vissa fall att vara upp till entreprenören att bestämma under förutsättning att de ryms inom de funktionskrav som beskrivs i kapitel 7 och den omgivningspåverkan som beskrivs i MKB för vattenverksamhet.

5.1. Byggmetoder i berg

5.1.1. Tunneldrivning

Bergtunnlar kommer att drivas enligt konventionell borrhning och sprängning. Denna metod är den i Sverige vanligast förekommande och omfattar följande arbetscykel (som framgår av Figur 12): (1) förinjektering (vid behov), (2) salvborrhning, laddning och (3) sprängning, (4) utlastning, skrotning samt förstärkning. Slutligen utförs inklädnad av tunneln (se avsnitt 4.4.1) och installationer, banöverbyggnad och spår färdigställs. Vid tekniskt utmanande passager föregås förinjektering av försondering.

Viktiga moment i denna typ av tunneldrivning är tätning mot inläckande grundvatten, utförande av sprängning så att inte vibrationer orsakar skada samt skrotning och förstärkning av bergtunnel. Tunneldrivningen kommer att ske från flera fronter.



Figur 12. Principiell arbetsmetod för tunneldrivning.

Efter förinjektering av tunnel (1, se vidare i avsnitt 5.1.2) utförs *salvborrhning* (2), se Figur 12. I huvudsak kommer tunnlar att drivas med salvlängder på cirka 5 meter där hela tunnelarean tas ut i en salva. Denna drivning omfattar spårtunnel, servicetunnel, tvärförbindelser mellan spårtunnel och servicetunnel, arbetstunnlar samt korsningspunkter mellan service- och spårtunneln med arbetstunnlar och tvärförbindelser. Salvborrhningen anpassas löpande efter lokala förutsättningar som vid till exempel sämre bergkvalitet, liten bergtäckning eller närhet till skyddsobjekt. Vid dessa passager kan anpassning ske genom minskad borrlängd, tätare borrhning eller hur sprängning genomförs (till exempel justering av tändplan).

Avseende *vibrationer* utförs alltid en riskanalys enligt svensk standard (SS 4604866:2011) om byggnader eller anläggningar finns inom en radie av cirka 150 meter från sprängningsplats.

Risakanalysen omfattar inventering av grundläggningstyp och risk för skada och mängden sprängmedel väljs sedan efter det mest känsliga objektet. I stället för att spränga ut berget kan, där särskilt höga vibrationskrav råder och för kortare sektioner, vadersågning eller hydraulisk spräckning nyttjas.

Skrotning, (dvs losstagning av lösa block från tunneltak och väggar) och *bergförstärkning* utförs av arbetsmiljösäl direkt efter sprängning och urlastning (4), maskinellt eller genom handskrötning med spett. Härfter följer spolning, besiktning samt bergkartering av bergytan. Karteringen bestämmer behovet av bergförstärkning. Normalt utförs bergförstärkning med sprutbetong och bult. Vid kritiska avsnitt (till exempel låg bergtäckning) kan förstärkningsåtgärder som bult- eller rörspiling, bågar eller platsgjutna betongkonstruktioner bli aktuella.

5.1.2. Tätning av tunnel

Förinjektering innebär att berget tätas innan tunneln sprängs ut. Förinjektering utförs enligt en av två huvudprinciper, beroende på bland annat bergkvalitet, grad av förundersökningar och entreprenadform. Antingen utförs tätning genom *kontinuerlig förinjektering* där hela tunneln tätas utifrån förbestämda täthetsklasser (injekteringsklasser). Det andra alternativet är *undersökningsbaserad tätning* där undersökningshål borrar från tunnelfronten och behovet av tätning anpassas för varje arbetscykel utifrån vissa valda parametrar samt erfarenheter från föregående tunnelsektioner. I båda fallen mäts och utvärderas påverkan på grundvattennivåer i omgivningen och inläckage till tunneln i enlighet med kontrollprogram.

Kontinuerlig förinjektering kan användas om man i projekteringsarbetet erhållit en välunderbyggd prognos över bergförhållandena. Då borrar ett mindre antal injekteringsborrhål och injekteras som inledning av varje sprängcykel, men vid behov (förkarterat eller karterat vid injekteringsborrningen) utförs tätare borrning eller dubbla skärmar. Metodiken bygger således på en kontinuerlig utvärdering och anpassning av injekteringsarbetet under pågående tunnelframdrift.

Metodiken med undersökningsborrning går ut på att det från tunnelfronten utförs sonderingsborrning där bergegenskaperna kan bestämmas i förväg och en detaljerad plan för borrning och sprängcykeln kan tas fram för en längre sektion framför tunnelfronten.

Förinjekteringen utförs genom att en krans av hål, cirka 20-25 meter långa, borrar framför stoffen (benämning på tunnelfronten). Injekteringsmedel pumpas sedan in i borrhålen som är vinklade ut från tunneln och en tätad zon, på normalt 4-6 meter, skapas utanför tunnelkonturen, se ruta 1 i Figur 12. Kontrollparametrar som styr tätningsarbetet är mottryck för injekteringsbruket, mängden injekteringsbruk, tiden och kontroll av täthet efter utförd injektering. Passeras en större sprickzon kan flera omgångar av injekteringsborrning och injektering behövas. Detta brukar benämnas som dubbla eller flera skärmar. Nya injekteringshål borrar då upp emellan tidigare injekteringshål så att ytterligare delar av bergmassan tätas.

Efter sprängning, urlastning och bergförstärkning upprepas cykeln vid behov med ny förinjektering. Genom de olika längderna för injekterings- och salvborrning är berget tätat framför stoff motsvarande tre salvborrningar. Det innebär att nästa omgångs injekteringsborrhål borrar igenom en zon med tidigare injekterat berg som sedan tätas ytterligare.

Om resultat från utförda inflödesmätningar i en utsprängd tunnel visar på att tillfredsställande täthet inte erhållits genom förinjektering kan *efterinjektering* utföras för att försöka minska inläckage. Med det menas (ytterligare) tätning av redan utsprängd tunnel. Detta har inte alltid samma effekt som

förinjektering då injekteringstrycket måste vara lägre för att inte riskera blockutfall och förstörd bergförstärkning. Metoden kan ändå vara användbar för att reducera inläckaget vid vissa specifika sektioner av tunneln.

Omfattningen av arbetet styrs av bergkvaliteten och de täthetskrav som gäller för den aktuella tunneldelen (se vidare 7.1.3). Normalt utförs en sprängning per dygn och tunnelfront men behövs dubbla eller fler skärmar blir framdriften långsammare.

5.1.3. Ridå- och botteninjektering av berg

För att begränsa eller undvika grundvattensänkningar vid öppet bergschakt eller vertikalschakt kan ridå- eller botteninjektering utföras. Injektering genomförs genom att hål borrar i berget antingen längs schaktvägg (vid ridåinjektering) eller i schaktbotten (vid botteninjektering) varefter injekteringsmedel trycks ut i bergmassan (se avsnitt 7.6).

Inom detta delområde kommer ridåinjektering att användas runt vertikalschakt.

5.1.4. Bergschakt för bergskärning

Berguttag för skärning kommer att utföras som pallsprängning vilket är en borra- och sprängteknik, där nästan lodräta borrhål (livhål) sprängs mot fri yta. Livhålen kan vara borrarade i en eller flera rader. Sprängning anpassas i syfte att minska skador på kvarstående berg. Vid instabila partier eller utpekade sektioner kan bergmassan förstärkas genom bultning (förförstärkas) innan sprängning, alternativt vadersågas för att minska vibrationer och sprickbildning i kvarstående berg.

Inom detta delområde kommer bergschakter för bergskärning utföras vid tunnelmynningarna.

5.1.5. Vertikala schakt i berg

Vertikalschakter utförs antingen genom konventionell borra och spräng (se kap 5.1.1) eller så kallad raiseborrning. Raiseborrning innebär att ett mindre pilothål borrar ner till exempel tunnelnivå där en större raiseborrkrona monteras. Under det att borrkronan dras tillbaka ryms ett större hål genom att berget mals sönder av raiseborren. Bergmassorna lastas ut ifrån den lägre nivån och där så behövs förstärks och injekteras berget enligt beskrivning i kap 5.1.1 och 5.1.2.

Alternativa metoder för vertikala schakt kan vara sågning.

Inom detta delområde planeras raiseborrning för ett vertikalschakt att utföras vid Persdal km 102+388.

5.1.6. Borrhål i berg

Borrhål i berg utförs vanligen med raise- eller hammarborrning. Borrhålets diameter kan vara upp till 6 meter. För att minimera inläckage i borrhålet monteras foderrör som sedan kontaktinjekteras.

Inom detta delområde planeras ett borrhål i berg genomföras i mellan markyta och tunnelns lågpunkt vid cirka km 99+575. Genom borrhålet ska vatten från tunneln återföras till Getåbäcken och Rödmossebäcken.

5.2. Jordschakt

Där järnväg går i jordskärning ställs slänter generellt i lutning 1:2. Slänter erosionsskyddas. Vid schakt under grundvattenytan erfordras förstärkt erosionsskydd samt i vissa fall i kombination med slitsar av krossmaterial för att förhindra erosion.

Vid sträckor med otillfredsställande stabilitet för skärningsslänter utförs avlastningsschakt för att höja säkerheten mot stabilitetsbrott.

Vid schakt för grundläggning av byggnadsverk kan jordschakt utföras som öppen schakt med slänter om utrymme och geotekniska förhållanden tillåter detta. I annat fall utförs schakt inom en stödkonstruktion.

I de fall då det inte finns plats för slänter och vid djupa komplexa jordförhållanden utförs en stödkonstruktion. Vid schakt under grundvattenytan erfordras tillfällig grundvattensänkning för schakt i torrhet. Då påverkan på grundvattenförhållandet behöver begränsas utförs en tätande stödkonstruktion.

5.2.1. Sponter

För att skapa en temporär eller permanent stödkonstruktion i jord kan olika typer av sponter användas. Val av sponttyp baseras på de rådande markförhållandena. Spont utförs som slagen eller borrarad stålspont. De vanligast förekommande typerna av spont är: spont av stålplankor, stålörspont och Berlinerspont. Inom delområdet är det aktuellt med spont för åtgärder kopplade till bland annat ökad stabilitet och tillräcklig inläckagereduktion kopplat till vattenverksamheter. Sponter illustreras i Figur 13.

Spont med stålplankor är en spont utformad så att ändarna är bockade lås för att kunna anslutas till nästa plank. Sponttypen används i jordarter som lera och sand/grus där förekomsten av sten och block är liten och installation kan utföras genom att vibrera eller slå ner plankorna. Sponten kan utföras så att den har en god och ändamålsenlig vattenavskärmande funktion och kan kombineras med till exempel jetpelare för att reducera ytterligare, eller vid behov, eliminera vattengenomströmning mellan spont och berg till oskadlig storlek.



Figur 13. Illustration av stora sponter. På delområde Kolmårdstunneln kommer eventuella sponter att vara av mindre omfattning.

5.3. Grundläggningsmetoder

Vid anläggning av bank som inte direkt underlagras av berg eller fast friktionsjord kan olika grundläggningsmetoder nyttjas för att säkerställa bankens funktion. Vilken grundläggningsmetod som väljs beror på bankens höjd samt jordlagrens egenskaper och djup.

Broar och betongtunnlar grundläggs med platta på packad fyllning där undergrunden består av berg eller fast friktionsjord/lera. Plattgrundläggning kan även ske på utskiftat material. Vid lösare material i undergrunden grundläggs broar på pålar. Ofta förstärks då även brons anslutande bankar med bankpållning, påldäck eller utskiftning.

5.3.1. Plattgrundläggning

Plattgrundläggning utförs med en bottenplatta direkt på en packad fyllning som är minst 0,5 meter tjock. Fyllningen kan vara betydligt större beroende på vald grundläggningsnivå och nivå för fast material i undergrunden. Den packade fyllningen består av kontrollerat friktionsmaterial till exempel bergkross eller grus. Plattgrundläggning kan även utföras direkt på berg.

Bottenplattan utförs normalt av betong som gjuts i torrhet. Det kan ske genom sänkning av grundvattennivån utanför spont eller inom spont.

5.3.2. Markförstärkningsåtgärder

För att säkerställa att sättningar och risk för stabilitetsbrott inte blir ett problem kan, vid ofördelaktiga markförhållanden (oftast lera, men även torv), markförstärkningsmetoder komma att behövas. Det gemensamma för markförstärkningsmetoder är att tillskottslaster från anläggningen som påförs markytan, från bland annat bankuppfyllnad, behöver föras ner genom lösa jordlager till fastare underliggande jordlager. De vanligast förekommande markförstärkningsmetoderna är: tryckbank, massutskiftning, förbelastning, förbelastning med vertikaldränering och kalk-cementpelare samt stödfyllning. Inom detta delområde planeras stödfyllning och massutskiftning att användas.

Stödfyllning är en markförstärkningsåtgärd där befintligt material i slänten schaktas bort och ersätts med bergkross. Stödfyllning bidrar till en ökad släntstabilitet då bergkross har en högre skjuvhållfasthet och grundvattnet i slänten dräneras.

Massutskiftning är en grundförstärkningsmetod där lösare jordarter (framför allt lera, torv eller gyttja) grävs bort och byts ut mot mera stabila massor (oftast krossat berg) som packas. Syftet med denna markförstärkningsmetod är att minska sättningar och öka stabiliteten i marken under anläggningen och metoden lämpar sig bra där något mindre mäktigheter av lösa jordar förekommer. Generellt utförs massutskiftning ner till cirka fem meters djup, men under vissa förhållanden kan även något djupare massutskiftningar utföras. Arbetet kan utföras som schakt i torrhet eller schakt under vatten, det senare för att öka stabiliteten för schaktslänterna eller minska behovet av länshållning av grundvatten.

5.4. Bortledning av grundvatten

5.4.1. Bortledning av länshållningsvatten från öppna schakt i byggskedet

Där arbeten ska utföras i torrhet behöver länshållningsvatten ledas bort från öppna schakter i byggskedet. Om grundvattensänkning kring en schakt behöver begränsas sänks grundvattennivån av

inom en tätskärm, se avsnitt 7.1.2. Bortledning av länshållningsvatten inom schakt görs genom att installera pumpgropar eller grunda schaktbrunnar vid schaktens lågpunkter. Det kan dessutom bli aktuellt att utföra brunnar som är djupare än schaktbotten, för bortledning av grundvatten. Detta säkerställer en torr och stabil schaktbotten.

I de områden där påverkan på grundvattennivåer kan accepteras utanför schakten kan grundvattennivån sänkas av genom brunnar i friktionsjord eller sugfilterbrunnar, som installeras utanför eller inom schakten. Grundvattnet från sådana brunnar är normalt av så god kvalitet att det inte krävs någon rening, utan det kan ledas direkt till recipient.

5.4.2. Bortledning av länshållningsvatten från berganläggningar i byggskedet

Vid sprängning av bergtunnlar kommer ytterligare grundvatteninläckage att kunna tillkomma från tunnelfront i samband med att hål borrar för bergkvalitetsundersökning, sprängning och för tätning av berget. Även längs den utsprängda och tätade tunneln kommer ställvis ett visst inläckage av grundvatten kvarstå. Grundvattnet blandas med det processvatten som tillförs för kylning under borrhning, dammbindning med mera och tunneln länshålls vid lågpunkter och vid tunnelfront där tunneln drivs i nedförslut. Länshållningsvattnet leds via ledningar upp till markytan vid tunnelmynningarna.

I byggskedet mäts successivt mängden tillfört processvatten och bortpumpat vatten. Skillnaden utgör ett översiktligt mått på det inläckande grundvatten för den succesivt ökande del av tunneln som sprängs ut. Då tunnelbotten består av sprängstensmassor för körvägar kommer vatten fördröjas i stenmassorna och mätningen av in- och utgående vatten motsvarar inte exakt mängden inläckande grundvatten vid mättillfället. Därför förläggs mätningarna till längre uppehåll i produktionsvattentillförsel, för att särskilja inläckande grundvatten från processvatten. För att sektionera mätningarna kan även temporära mätanordningar utföras.

6. Kolmårdstunneln

Inom delområdet kommer järnvägen att gå genom berg i en cirka 7,9 kilometer lång dubbelspårstunnel kallad Kolmårdstunneln. Tunnel kommer att gå mellan km 94+865 och km 102+720. Tunnelmynningarna i norr och söder utgörs av betongtunnlar. Den norra betongtunneln är cirka 69 meter lång, medan den södra betongtunneln är cirka 97 meter lång.

För dubbelspårstunneln byggs en långsgående servicetunnel. Dubbelspårstunneln är förbunden med servicetunneln via tvärtunnlar cirka var 400 meter.

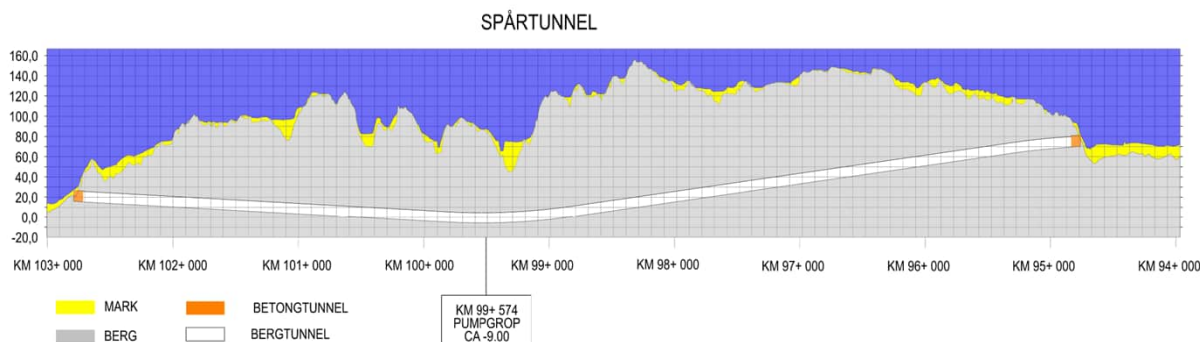
För att möjliggöra en effektiv framdrift genom arbete på flera fronter planeras det även att bygga fyra arbetstunnlar. Arbetstunnel Böksjö, (behålls som tillfarstunnel till servicetunneln), arbetstunnel Svartgölen (försluts efter färdigställande), arbetstunnel Rödmossen (försluts efter färdigställande) och arbetstunnel Persdal (behålls som tillfarstunnel till servicetunneln).

Alla hållrum under grundvattennivån; spårstunneln, servicetunneln, arbetstunnlarna och ventilationsschaktet kommer att medföra inläckage av grundvatten, som behöver bortledas.

6.1. Spårstunneln

Ostlänkens samtliga spårstunnlar är konstruerade med beaktande av en driftsituation med största tillåtna hastighet (STH) 250 km/h. Kolmårdstunnelns tvärsnittsarea i spårstunneln har därför dimensionerats för att minimera den lufttrycksförändring som normalt uppstår vid ett tågs passage genom tunneln. För att i möjligaste mån minimera denna tryckförändring har en fri tvärsnittsarea (efter tunnelinklädnad) valts till 91 m².

Spårstunnelns botten är svagt V-formad i längsprofil, se Figur 14. Vid cirka km 99+575 förläggs en pumpanläggning (större pumpgrop) för omhändertagande av passivt tillflödande dräneringsvatten längst tunneln. Pumpgropen utgör lågpunkt i tunneln och spårstunneln har en lutning både från norr och söder mot denna. Pumpgropens underkant ligger på -9 meter i höjdded (RH2000), och vid pumpgropen, cirka km 99+575, ligger tunnelbotten på -5 meter. Största lutningen på delsträckan finns i Kolmårdstunnelns norra del, där den är 18 ‰. I övrigt är lutningarna i intervallet 2,5 ‰ till 13 ‰.



Figur 14. En profil över spårstunneln.

6.2. Servicetunnel och tvärtunnlar

Parallellt med spårtunneln kommer en servicetunnel att byggas på den nordvästra sidan av spårtunneln. Servicetunnelns syften är att ombesörja utrymning till säker plats, och ge tillgänglighet till anläggningen för drift och underhåll.

Servicetunneln kommer inte att mynna vid spårtunnelns dagöppning vid den norra eller södra spårtunnelmynningen. Vid den norra tunnelmynningen mynnar servicetunneln ut cirka 250 meter väster om spårtunneln via tillfartstunnel Böksjö. I söder avslutas servicetunneln vid ett ventilationsschakt till tunneln cirka 500 meter före södra spårtunnelmynningen. Åtkomst till servicetunneln från den södra änden sker genom tillfartstunnel Persdal.

Servicetunneln ligger parallellt med spårtunneln med ett avstånd på cirka 10 meter längs större delen av spårtunneln. Mellan spårtunneln och servicetunneln kommer tvärtunnlar att byggas med 400 meters mellanrum. Servicetunneln breddas vid tvärförbindelsen för att möjliggöra bygge av teknikutrymmen samt uppställning av fordon men också för uppsamling av passagerare i händelse av att spårtunneln måste utrymmas. Tvärtunnlarnas längd varierar mellan cirka 9-13 meter. Servicetunneln kommer ges en ytterarea på cirka 36 m² och tvärtunnlarna kommer att ha en ytterarea på cirka 16 m².

I servicetunneln förläggs kanalisation och teknikutrymmen för driften. Ett ventilationsschakt på cirka 2 m² utförs i Persdal vid km 102+388. Ventilationsschaktet planeras att utföras genom vertikalschakt i berg (se avsnitt 5.1.5) mellan markyta och en nisch till servicetunneln. Höjden på ventilationsschaktet genom berg blir cirka 40 meter.

Service-, tvär- och arbetstunnlarna kommer att byggas på samma sätt som spårtunneln. Extra berguttag erfordras ställvis för att skapa mötesplatser och svängmöjligheter i tunnlar.

6.3. Arbetstunnlar

För att möjliggöra en effektiv framdrift planeras det för att bygga fyra arbetstunnlar från markytan till servicetunneln, se Tabell 6. Arbetstunnlar utförs vid Böksjö, Svartgölen, Rödmosse och Persdal. Efter slutförd byggnation försluts arbetstunnlarna vid Svartgölen och Rödmosse. Förslutandet sker i anslutning till ovanjord genom övertäckning med bergschaktsmassor. Nere i tunneln gjuts en vägg mellan arbetstunnel och servicetunnel, väggen utformas så inläckande vatten till arbetstunnlarna dräneras bort.

Arbetstunnlarna vid Persdal och Böksjö ges en sådan standard att de kan utgöra service- och insatsväg som tillfartstunnlar till servicetunneln i driftskede.

Tabell 6. Planerade arbetstunnlar.

Arbetstunnel	Tunnelsektion km-tal	Längd (m)	Cirka lutning (%)	Kommentar
Böksjö	94+950 – 95+100	365	-7%	Behålls som tillfartstunnel till servicetunneln
Svartgölen	97+100 – 97+700	990	-9%	Försluts efter färdigställande
Rödmossen	99+750 – 100+000	721	-10%	Försluts efter färdigställande
Persdal	101+750 – 102+000	703	-10%	Behålls som tillfartstunnel till servicetunneln

6.4. Tunnelldrivning

Kolmårdstunnelns bärande huvudsystem ska bergförstärkas med bult och fiberarmerad sprutbetong. Tunnelpåslag i norr och söder kommer att kräva förbultning. Vissa passager kommer eventuellt kräva kompletterande spiling, kanske även rörspiling. Vid passage kring E4 kommer även grov rörspiling och sprutade betongbågar vara aktuellt, och möjligen även bultspiling på grund av liten bergtäckning.

Längs större delen av spårtunneln förläggs en parallell servicetunnel. Denna servicetunnel drivs eventuellt före spårtunneln för att ge information om bergmassan framför spårtunneln. Detta görs eftersom servicetunnelns mindre area lättare hanterar eventuella svårigheter i bergmassan. Vid kända kritiska passager kan det krävas kompletterande åtgärder, dessa passager är förbi Getåravinen, Skiren, E4 samt vid det södra tunnelpåslaget. Vid oförutsedda genomsläppliga zoner utförs behovsstyrd injektering enligt injekteringskonceptet. Avvikelse mot inläckageprognos fångas upp genom kontrollprogrammet och effekter och eventuella åtgärder utreds.

7. Skadeförebyggande åtgärder och skyddsåtgärder

I samband med att anläggningen byggs kan vissa skadeförebyggande åtgärder och skyddsåtgärder behöva vidtas för att begränsa miljöpåverkan. Principerna för dessa beskrivs i detta kapitel. Valda skadeförebyggande åtgärder redovisas i kapitel 7.2 tillsammans med beskrivning av vattenverksamheterna. Föreslagna skyddsåtgärder för specifika vattenverksamheter redovisas i ansökans bilaga D *Miljökonsekvensbeskrivning* samt bilaga D.2 *PM Yt- och grundvatten*.

Skadeförebyggande åtgärder är en del av den anläggning som projekterats, med syfte att förebygga skador, och åtgärderna är en förutsättning för påverkansbedömningen. Påverkansbedömning i *Miljökonsekvensbeskrivning* samt *PM Yt- och grundvatten* görs med beaktande av dessa skadeförebyggande åtgärder. Skyddsåtgärder är sådana åtgärder som kan vidtas i byggskedet eller som projekteras i senare skeden.

I strategin för skyddsåtgärder ingår kontrollprogram för kontroll av vattenverksamheternas effekter och skyddsåtgärdernas funktion. Kontrollprogrammet tas fram av Trafikverket i samråd med tillsynsmyndighet.

7.1. Skadeförebyggande åtgärder

Skadeförebyggande åtgärder är de åtgärder som ingår som en förutsättning för projekterad anläggning, i form av projekteringsförutsättningar.

Grundvattenbortledningen från en otät schakt medför sänkta grundvattennivåer. Avsänkningens omfattning beror huvudsakligen på avsänkningens storlek vid schakten, pumpningens varaktighet och genomsläppligheten. I ansökans bilaga D.2, *PM yt- och grundvatten*, kapitel 7, redovisas förutsättningar och effekter kopplade till hydrogeologisk omgivningspåverkan. I samma *PM* redovisas påverkansområde för grundvatten utanför påverkansområdet förväntas inte någon grundvattenpåverkan av betydelse uppstå.

7.1.1. Erosionsskydd

Alla dagvattenutlopp till befintliga diken och vattendrag förses med erosionsskydd för att minimera risken för erosion vid utloppspunkten. Där risk för erosion föreligger ska botten och slänter i diken förses med erosionsskydd. Trummor ska utformas med erosionsskydd vid in- och utlopp. Erosionsskydd anläggs även om det finns risk för erosion av blottlagda ytor efter att åtgärder vidtagits i vattendragets botten eller strandmiljö. Ett vanligt sätt är att lägga ut grus och sten med en sådan sammansättning att borttransport av material förhindras. Materialet läggs lagervis med ökande kornstorlek från botten och upp till erosionsskyddets överyta. Eventuellt kan en fiberduk läggas som övergångslager mellan naturlig botten och erosionsskyddet. Flacka slänter kan gräsbesås som ofta utgör ett tillräckligt erosionsskydd.

7.1.2. Tätning kring schakt i jord/berg

När grundvattensänkning utförs inom en schakt och grundvattenpåverkan kring schaktet behöver begränsas, utförs en tätskärm. Vad tätskärmen består av beror på förhållanden på platsen samt vilken omgivningspåverkan som får uppkomma. Schakter i jord kommer där så krävs att utföras inom en stödkonstruktion med hög täthet (spont, slitsmur, sekantpålar eller motsvarande, se avsnitt 5.2) som försvårar för grundvattnet att komma in i schakten. Dessutom kan berget tätas genom ridå- och/eller

botteninjektering (se avsnitt 5.1.3). Tätning av schaktbotten inom tätspont kan även göras med en platta av s.k. gravitationsbetong som vanligtvis gjuts under vatten. Jorden mellan spontunderkant och berg kan tätas vid behov, då vanligen med jetinjektering/jetpelare (jetgrouting).

7.1.3. Tätning av tunnlar

Tunneldrivning innebär för det mesta drivning under grundvattenytan. Då kommer grundvatteninläckage att ställvis uppkomma. Under tunneldrivningen kommer bergmassan kring tunneln att, där så behövs, tätas genom injektering. Cementbaserade injekteringsmedel kommer att nyttjas. Vid speciellt komplicerade passager kan kemiska tätningsmedel eller kolloidal silica komma att användas. Sådana kemiska medel ska vara godkända av Trafikverkets kemikalieråd.

Ett injekteringskoncept har tagits fram för Kolmårdstunneln med tre typinjekteringsklasser. Indelning av typinjekteringsklasser baseras på bergmassans konduktivitet och krav på uppnådd tätningseffekt. Tunnelarna och injekteringsdesignen detaljprojekteras i senare skeden. Arbetstunnelarna ska injekteras vid behov för att säkerställa en god arbetsmiljö men ingår inte i projektering av injekteringskonceptet.

Injekteringsens slutliga värde bestäms av den resulterande inläckagestorleken. Vid låga inflöden och liten oskadlig grundvattenpåverkan bedöms injektering inte att krävas. De tre injekteringsklasserna är följande:

- Injekteringsklass 1, IK1, enklare injektering med en omgång. Avser injektering som är mindre omfattande då K är cirka $2 \cdot 10^{-8}$ – $2 \cdot 10^{-7}$ m/s.
- Injekteringsklass 2, IK2, framtagen för mer genomsläpplig bergmassa. Avser injektering i relativt genomsläpplig bergmassa då K är större än cirka $2 \cdot 10^{-7}$ m/s.
- Injekteringsklass 3, IK3, framtagen för normalberg men där det finns mycket höga krav på att begränsa inläckaget. Risk för skada på grundvattenkänsliga objekt styr injekteringsens behövliga omfattning. Vid drivning ska injekteringskoncept utvärderas för att verifiera projekterad injektering och bestämma om eventuella justeringar. Detta görs i samband med mätningar, kontroller och uppföljning av det inläckande vattnet vid drivning. Injekteringen består av två ordinarie omgångar, där omgång 2 ska utföras med split-spacing, vilket innebär att injekteringshål i omgång 2 borrar mellan injekteringshål i omgång 1. Första omgången ska injekteras med normaltättningsbruk och andra omgången injekteras med fintättningsmedel.

Utöver injekteringsklasserna så gäller följande tre antaganden för konventionell cementinjektering: tätning sänker inte bergets hydrauliska konduktivitet med mer än $1/50$, i kraftigt vattenförande berg ($K > 3 \cdot 10^{-6}$ m/s) sänker tätning inte bergets hydrauliska konduktivitet med mer än $1/10$ av naturligt berg och tätning kommer normalt inte att sänka den hydrauliska konduktiviteten under $1 \cdot 10^{-8}$ m/s.

För att utvärdera hur väl injekteringskonceptet fungerar kommer inläckaget att mätas vid varje tunneldrivningsfront, tillfört processvatten ska också mätas. Hur mätningen ska göras beror på åt vilket håll tunneln lutar och hur vattnet rinner i förhållande till drivningen. Lutar tunneln nedåt mot fronten pumpas vatten vid stoff och flödet av pumpat vatten mäts. Mätningen kan också göras med mätvallar eller genom att mäta grundvattennivåer i känsliga lägen. Förslagsvis bör mätvallar placeras ut med mindre avstånd till en början för att möjliggöra att mätning av inläckage kan göras tidigt. På så sätt kan injekteringsdesignen verifieras och eventuella problem med injekteringsförfarandet identifieras tidigt.

7.1.4. Återföring av vatten till Getåbäcken och Rödmossebäcken

Anläggandet av Kolmårdstunneln kommer innebära en förändrad vattenbalans inom Getåbäckens tillrinningsområde vilket kan innebära påverkan på vattendraget och närmiljön inom ravinen. Som en skadeförebyggande åtgärd kommer vatten att återföras till Getåbäcken och till dess biflöde Rödmossebäcken.

Under byggskedet när sprängning av tunneln pågår så är insamlat länshållningsvatten i tunneln förorenat av rester från sprängämnen, och kan inte utan åtgärd återföras till bäckarna på grund av höga kvävehalter. Vatten för återföring kommer då att tas från det kommunala ledningsnätet. Strax efter att sprängningsarbetet avslutats förväntas kvävehalterna i länshållningsvattnet ha minskat tillräckligt för att direkt återföring av vatten från tunnelns pumpgrop ska kunna påbörjas. I en övergångsperiod kan utspädning av länshållningsvattnet med vatten från det kommunala vattennätet behövas för att säkerställa att gällande gränsvärden för nitratkväve inte överskrids i Getåbäcken (och Rödmossebäcken). Senare, i driftskedet, när vattnet har uppnått tillräckligt låga halter av sprängmedelsrester, kommer vatten kunna tas endast från pumpgropen i tunneln för vidare pumpning till recipienterna.

Materiella partiklar som hamnar i dränvattensystemet avskiljs i tunneln innan vattnet pumpas upp från pumpgropen till en lyfthöjd av drygt 80 meter. På frostfritt djup pumpas vattnet vidare med en trycklängd av 280 meter bredvid grusväg fram till en damm vid Vilhelmsro.

Vattnet från tunneln kommer att ha en temperatur och pH som skiljer sig från vattnet i Getåbäcken och Rödmossebäcken. Dammen anläggs för att minska skillnaderna i pH, temperatur och klor (i dricksvattnet) innan vattnet återförs till vattendragen. För att åstadkomma detta kommer dammen vara minst 500 m², med ett djup av cirka en meter och en långsmal utformning med dämmen inom den. Dammen ska utformas tät med exempelvis en gummiduk. Volymen av dammen uppgår till cirka 500 m³. Utflödet ska kunna regleras. Anläggande av dammen medför inte vattenverksamhet. Från dammen kommer vattnet att ledas öster ut mot Getåbäcken och väster ut mot Rödmossebäcken.

7.1.5. Länshållningsvatten till Slottshagens avloppsreningsverk inklusive viss bräddning till Norrviken

Drivningen av Kolmårdstunneln kommer ge upphov till förorenat vatten, bland annat genom höga halter av kväveföreningar som härstammar från sprängmedel. Kväveföreningar är svåra att rena, eftersom de till stor del är lösta i vatten och varken går att sedimentera eller filtrera bort. Länshållningsvattnet från tunneln kommer därför att avledas till Slottshagens avloppsreningsverk via kommunens ledningssystem. Länshållningsvatten avleds till kommunens ledning när det finns kapacitet och när kommunens pumpstation uppströms anslutningspunkt inte pumpar till ledningen. Länshållningsvatten kommer inte kunna ledas till Slottshagens avloppsreningsverk när avloppsreningsverket har driftstopp eller när det når sitt kapacitetstak för kväverening, vilket enligt kommunen sker cirka 60 timmar per år, och exempelvis kan uppstå vid kraftiga regn.

Länshållningsvattnet från det norra tunnelpåslaget kommer att pumpas från produktionsytan vid påslaget vidare i sydlig riktning intill E4. Utmed sträckningen ansluter ledningar från arbetstunnlarna Svartgölen och Rödmossen. Ledningarna ansluter till ett självfallssystem som börjar vid arbetstunneln i Persdal.

Länshållningsvattnet leds till en fördröjningsdamm på ett öppet grönområde norr om Nyköpingsvägen. Dammen ska magasinera länshållningsvatten under den tid som kommunens

befintliga ledning går full. När kommunens ledning har flödestoppar så kommer inget länshållningsvatten att pumpas ut till deras ledningssystem. I stället kommer länshållningsvattnet fyllas upp i dammen, som blir i form av en expanderad pumpsump tills dess att flödestoppen avtar och länshållningsvattnet kan pumpas ut i kommunens ledning.

När fördröjningsdammen är full bräddas länshållningsvattnet i ledning vidare i östlig riktning till Norrviken för att undvika produktionsstopp i tunneln. Mellan fördröjningsdammen och Norrviken kommer en ledning att läggas parallellt med Nyköpingsvägen. Ledningen viker därefter av mot en makadamvall vid Norrvikens strandområde utmed en befintlig jordvall. Vallen av makadam anläggs för att fördela länshållningsvatten som släpps ut vid bräddning längs med vassbältet för att gynna upptag av kväve.

7.2. Skyddsåtgärder vid arbete i vattenområde

Arbeten i och omkring ett vattendrag eller sjö kan påverka ytvattnets flöde och kvalitet. Vilka skyddsåtgärder som blir aktuella beror på vilka störningar som kan uppkomma, under hur lång tid och när störningen uppkommer samt vilka värden som behöver skyddas i vattendraget, framför allt musslor eller fiskar, dricksvattenintressen, badplatser med mera.

7.2.1. Arbete i torrhet

Torrläggning av vattenfåra under tiden arbeten utförs kan ske genom att tillfälligt leda vatten förbi arbetsområdet. Detta kan ske genom att vattendraget förläggs i trumma i den ursprungliga vattenfåran inom arbetsområdet, att vattnet pumpas förbi arbetsområdet eller att omgrävning av vattendraget utförs.

Vid omgrävning grävs den önskade sektionen ur i den nya fåran, om möjligt i torrhet, avskilt från den ursprungliga fåran. Sedan leds vattnet om genom att täta mot den ursprungliga åfåran/kanalfåran. De tillfälliga vattenmiljöerna kan vid behov utformas så att de upprätthåller en funktion för passerande fauna, både avseende fåras sektionsbredd, djup och övriga fysiska utformning.

7.2.2. Grumlingsbegränsande åtgärder

En grumlingsbegränsande skärm syftar till att innehålla grumligt vatten så att grumlingen begränsas från omgivande vattenområden. I en sjö eller vattendrag installeras en enkel eller dubbel geotextil/siltgardin som förankras i länsar i ytan och med sänken eller motsvarande mot botten.

Även en slagen spont som utförs i vattenområdet fyller denna funktion då flödet begränsas mellan arbetsområdet inom spont och angränsande vattenområde.

I diken eller mindre vattendrag kan löst packade halmbalar sakta ner flödet så att grumlande material sedimenterar. Även tillfälliga dammar eller fördjupningar kan skapa förutsättningar för sedimentation. Se Figur 15 för exempel på användning av halmbalar och geotextil.

Grumling kan även uppkomma till följd av andra verksamheter än vattenverksamhet, till exempel vid nederbörd över blottlagda jord- eller bergmassor, och påverkan från detta har hanterats i järnvägsplanens miljökonsekvensbeskrivning. Det är naturligt att grumling i vattendrag ökar vid nederbörd, men omfattningen blir större då vegetation saknas. Denna typ av grumling förebyggs genom att vegetationsbeklädda ytor sparas och återställs kring vattendrag samt att körning med

maskiner nära vatten undviks i möjligaste mån. Andra åtgärder kan vara tillfälliga dammar där sedimentation kan ske eller översilning över vegetationsbeksädda ytor.



Figur 15. Exempel på åtgärder mot grumling av vattendrag. Halmbalar till vänster och geotextil till höger (Källa: t.v. foto Trafikverket (Agne Gunnarsson), t.h. TR Avvattnings TDOK 2014:0046).

7.2.3. Gjutning av betong i vattenområde

Bröstod och bottenplattor ska gutas i torrhet vid behov inom spont. Därefter kan bröstöden platsgutas och överbyggnaden/farbanan byggas på plats eller lanseras ut över vattendraget. Om överbyggnaden gutas på plats ska skyddsåtgärder vidtas för att undvika spill i vattenområdet.

Länshållningsvattnets kvalitet kontrolleras i enlighet med kontrollprogram innan det leds till recipient.

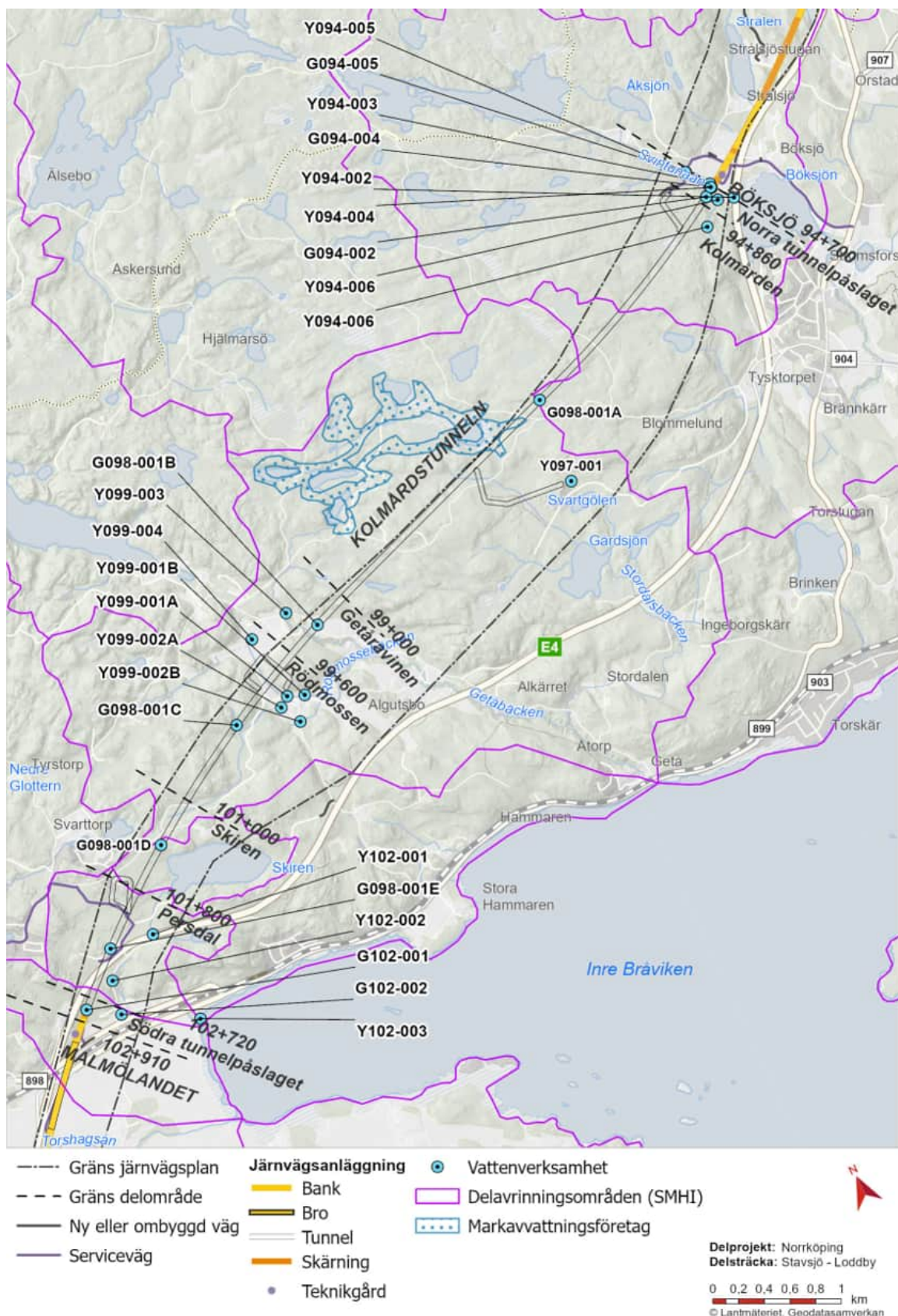
8. Anläggningsbeskrivning och vattenverksamhet

Denna tekniska beskrivning redovisar vattenverksamheter och vattenhantering inom delområde Kolmårdstunneln (km 94+700 – km 102+910). Plan- och profilkartor över hela delområdet med geografisk placering av vattenverksamheterna finns i bilaga C.1 *Plan- och profilkartor*.

Delområdet börjar på bro över vattendraget Åksjöbäcken. Sedan går järnvägen en kort sträcka på bank innan den övergår i en cirka åtta kilometer lång tunnel, Kolmårdstunneln. Sträckan för tillståndsansökan avgränsas i söder vid Bråviksbranten, km 102+910, där Kolmårdstunnelns södra mynning är.

Redovisningen av vattenverksamheterna delas in i sju sträckor, vilka överensstämmer med redovisningen i ansökans bilaga D.2 *PM Yt- och grundvatten*. En karta med aktuella vattenverksamheter visas i Figur 16.

- Norra tunnelpåslaget (km 94+700 – km 94+860)
- Kolmården (km 94+860 – km 99+000)
- Getåravinen (km 99+000 – 99+600)
- Rödmosse (km 99+600 – km 101+000)
- Skiren (km 101+000 – km 101+800)
- Persdal (km 101+800 – km 102+720)
- Södra tunnelpåslaget (km 102+720 – km 102+910)



Figur 16. Översikt över delområde Kolmårdstunneln och aktuella vattenverksamheter. Y= ytvatten och G = grundvatten, följt av km-tal och numrering. Numreringen sker utifrån placering enligt banans längdmätning från norr till söder. Karta med endast grundvattenverksamheter, se Figur 30.

8.1. Ytvattenverksamheter

I detta avsnitt beskrivs alla ytvattenverksamheter inom delområde Kolmårdstunneln. Dessa finns också med i bilaga B till ansökan *Sammanställning vattenverksamheter* där samtliga vattenverksamheter i denna Tekniska beskrivning finns sammanställda.

8.1.1. Norra tunnelpåslaget (km 94+700 – km 94+860)

Järnvägens sträckning passerar Åksjöbäckens ravin på en plattrambro och fortsätter på bank fram till Kolmårdstunnelns tunnelmynning. Jorden består av fast lagrad sand som övergår till en blandkornig morän på sydvästra sidan av ravinen. Jordmäktigheten varierar mellan 10 och 16 meter. Vid tunnelmynningen utförs jord- och bergskärning samt en betongtunnel som ansluter till Kolmårdstunnelns bergtunnel.

Åksjöbäcken

Åksjöbäcken rinner upp i skogsbeklädda bergsområden med Lilla Älgsjön som största sjö. Åksjöbäcken rinner ut i Böksjön som i sin tur mynnar i Norrviken (Bråviken). Enligt SMHI vattenwebb är avrinningsområdet storlek vid Böksjöns utlopp 8,3 km² med sjöprocent 9,2.

Ravinen längs Åksjöbäckens sidor är täckt av skog. Marknivån vid ravinens västra slänkrön är cirka +72 meter och vid det östra +68,5 meter.

Dimensionerande flöden och beräknade vattennivåer redovisas i Tabell 7.

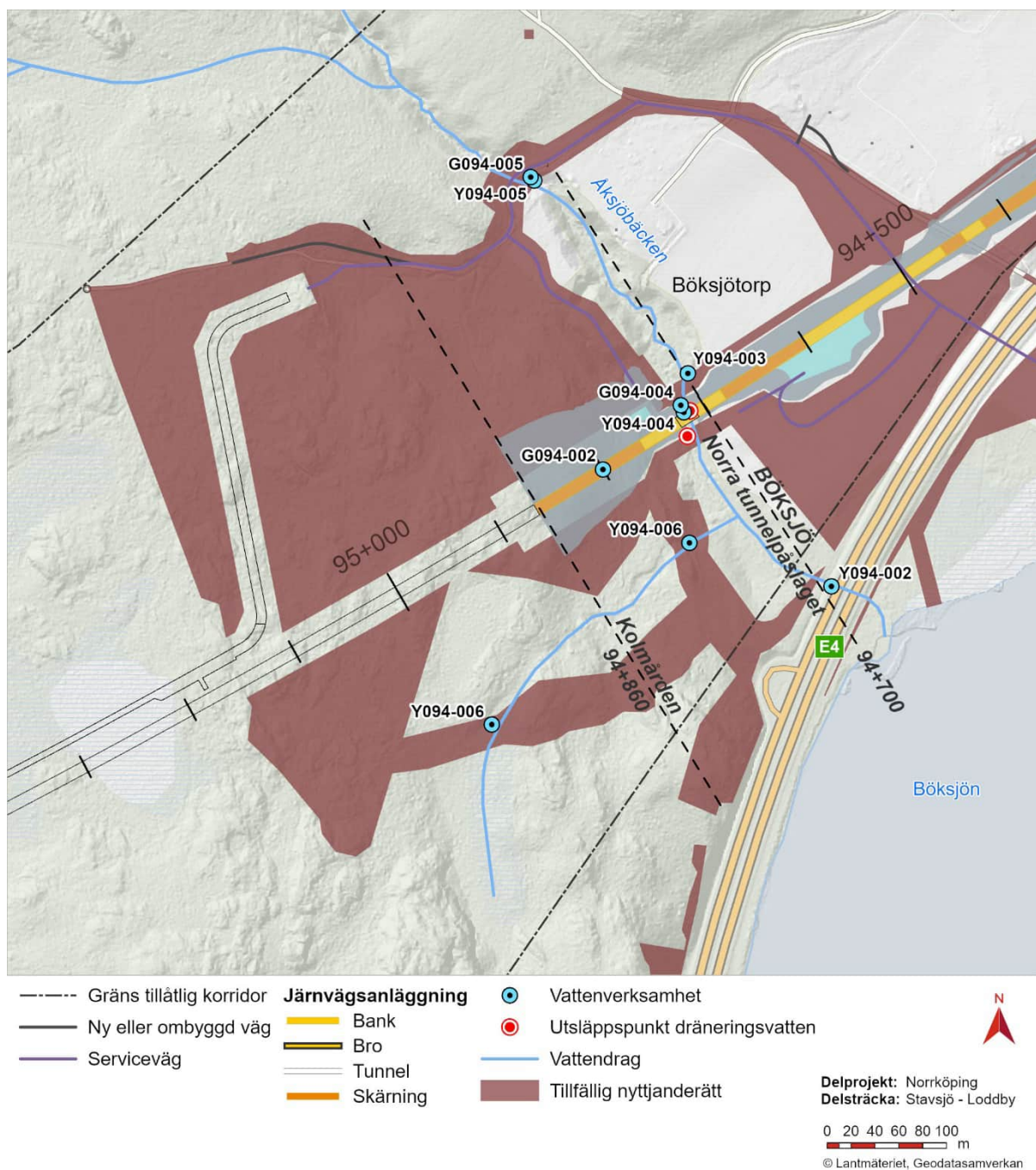
Tabell 7. Flöde och vattennivå vid Åksjöbäcken vid positionen där Ostlänkens järnvägsbro korsar vattendraget.

Scenario	Flöde (m ³ /s)	Vattennivå (RH2000)
MQ	0,03	+66,8
Q100	0,47	+66,9
Q50 (2150)	0,56	+67,0
gQ100 (2150)	0,70	+67,0

Aktuella vattenverksamheter

Vid Åksjöbäcken finns flera vattenverksamheter, se Figur 17:

- Utlopp nytt dike strax uppströms järnvägsbron (Y094-003).
- Järnvägsbro över Åksjöbäcken samt omgrävning av Åksjöbäcken vid bron (094-004).
- Prefabricerad sluten plattrambro cirka 250 meter uppströms järnvägsbron (Y094-005).
- Förlängning av trumma under E4 cirka 200 meter nedströms järnvägsbron (två trummor) (y094-002).
- Två trummor för arbetsvägar i skogsområde sydväst om järnvägsbron (Y094-006).



Figur 17. Sträcka Norra tunnelpåslaget (km 94+700 – km 94+860)

Y094-002 Arbete i vattenområde km 94+710

Åksjöbäcken passerar under E4 i en befintlig trumma. Ramper för på- och avfarter till E4 planeras under byggtiden på ömse sidor varvid tillfälliga trummor utförs för Åksjöbäcken.

De tillfälliga trummorna utförs med samma dimension som trumman under E4, Ø1400. Trumman uppströms E4 utförs med längd cirka 14 meter och trumman nedströms med längd cirka 8 meter. Vattengång (VG) läggs i nivå med befintlig bäckbotten och anpassas till befintlig trumma under E4.

Botten och slänter i Åksjöbäcken grävs ut i erforderlig omfattning vid de tillfälliga trummorna. Grundläggning på packad fyllning under vatten. Erforderligt erosionsskydd läggs ut vid in- och utloppen.

Tillfälliga ramper och trummor rivs efter avslutad byggnation.

Vattendraget återställs på ett sådant sätt att tvärsektion och bottensubstrat efterliknar närliggande naturliga delar av vattendraget. Strandzonen ska återställas på ett sätt som möjliggör återetablering av vegetation.

Y094-003 Arbete i vattenområde km 94+690

Ett överdike norr om järnvägen mynnar i Åksjöbäcken. Anslutningen utförs med ett erosionsskydd som läggs ut på bäckens slänt. Befintlig bäckbotten ska inte påverkas.

En mindre schakt utförs i slänten ovan vattenytan, för att anpassa erosionsskyddet till dikets utlopp och omgivande mark.

Y094-004 Arbete i vattenområde km 94+720

Omgrävning av Åksjöbäcken

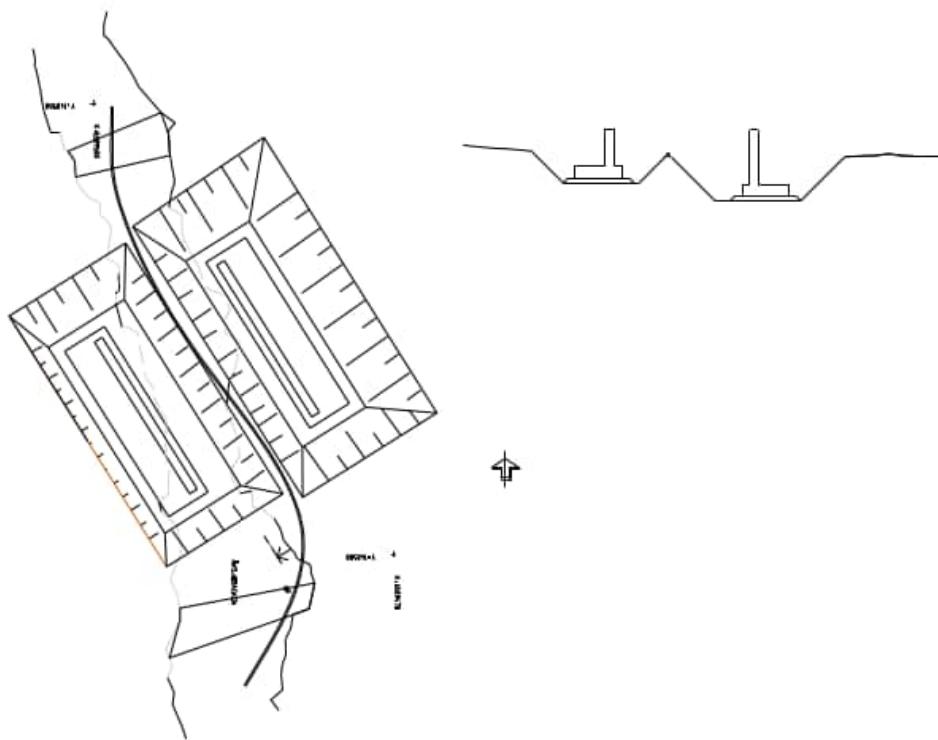
Åksjöbäcken anpassas till ny järnvägsbro. Del av bäcken grävs om och brostöd anläggs i vattenområdet. Den nya utformningen av bäcken utförs på ett sådant sätt att tvärsektion och bottensubstrat efterliknar närliggande naturliga delar av vattendraget. Strandzonen ska återställas på ett sätt som möjliggör återetablering av vegetation. Erosionsbegränsande åtgärder vidtas för att förhindra erosion i botten och strandzon.

Omgrävningen föreslås bli cirka 40 meter lång och ansluts i båda ändar till befintlig bottennivå. Ny bro med grundläggning beskrivs i avsnitt 8.2.1.

Genomförande

Åksjöbäcken grävs om för att grundläggning av bottenplattorna medför att bäcken inte kan behållas under byggtiden.

Vattnet i bäcken behöver ledas förbi arbetsplatsen. Detta föreslås ske genom att bäckens vatten pumpas förbi, se Figur 18. Vid pumpning utförs en enklare jordvall upp- och nedströms arbetena. Förbipumpning kan komma att ske under cirka åtta månader.



Figur 18. Skiss för byggmetod med förbipumpning av Åksjöbäcken.

Y094-005 Arbete i vattenområde km 94+720

Åksjöbäcken går i befintlig stentrumma under en enskild väg. Den enskilda vägen ska användas som produktionsväg under byggskede och som serviceväg under driftskede. Vägen passerar Åksjöbäcken cirka 250 meter uppströms planerad järnvägsbro.

Befintlig stentrumma rivs ut helt. En ny prefabricerad sluten plattrambro med spännvidd cirka 3 meter uppförs på samma ställe. Betongbro väljs för att undvika vandringshinder. Längd cirka 10 meter och fri brobredd som ger utrymme för vägen som är cirka 6 meter. Vattengång (VG) läggs i nivå med befintlig bäckbotten. Vattnet i bäcken behöver ledas förbi arbetsplatsen under arbetstiden, detta förväntas ske inom cirka två månader och innan anläggandet av järnvägsbron (Y094-004) nedströms.

Den nya bron grundläggs på packad fyllning under vatten. Botten och slänter i Åksjöbäcken grävs ut i erforderlig omfattning vid bron.

Ny bäckfåra återskapas på ett sådant sätt att tvärsektion och bottensubstrat efterliknar närliggande naturliga delar av vattendraget. Strandzonen ska återställas på ett sätt som möjliggör återetablering av vegetation. Utformningen ska göras så att erosion begränsas.

Y094-006 Arbete i vattenområde km 94+780 och km 95+000

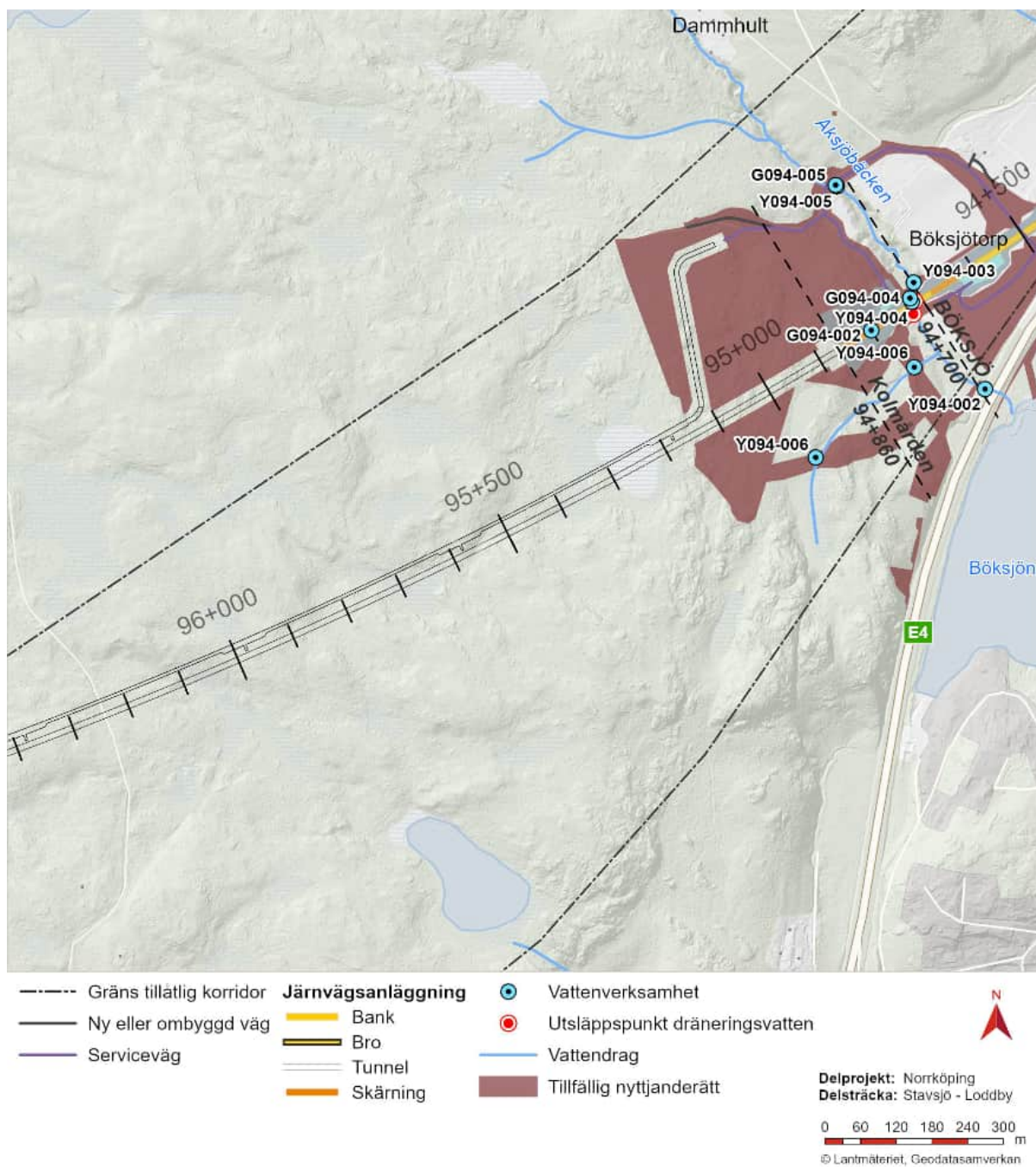
En produktionsväg passerar en mindre bäck på två ställen och trummor för bäcken anläggs. Bäcken är ett biflöde till Åksjöbäcken. Trummorna rivs efter byggskedet.

Trummorna är belägna i skogsmark och dimensioneras och utförs enligt Trafikverket krav och råd (se avsnitt 4.6.1).

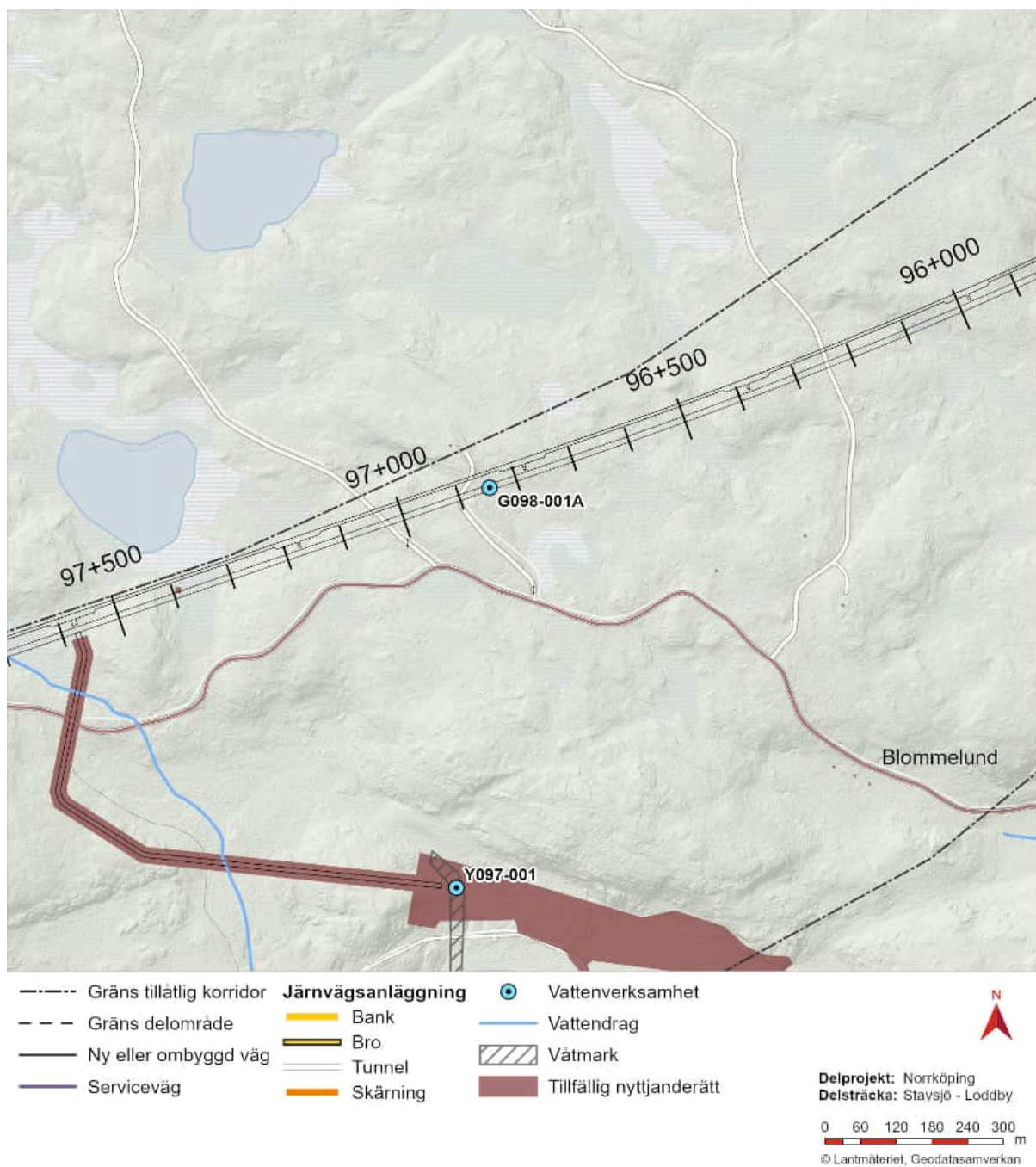
8.1.2. Kolmården (km 94+860 – km 99+000)

Järnvägen går i en djup bergtunnel genom hela området. Tunnelns medeldjup är cirka 90 meter under markytan. Två arbetstunnlar finns på sträckan. Den ena mynnar norr om järnvägslinjen vid km 94+900 och den andra söder om anläggningen vid km 97+200 i anslutning till sjön Svartgölen. Med undantag för de två mynningarna till arbetstunnlarna är anläggningen helt under mark längs sträckan, se Figur 19, Figur 20 och Figur 21.

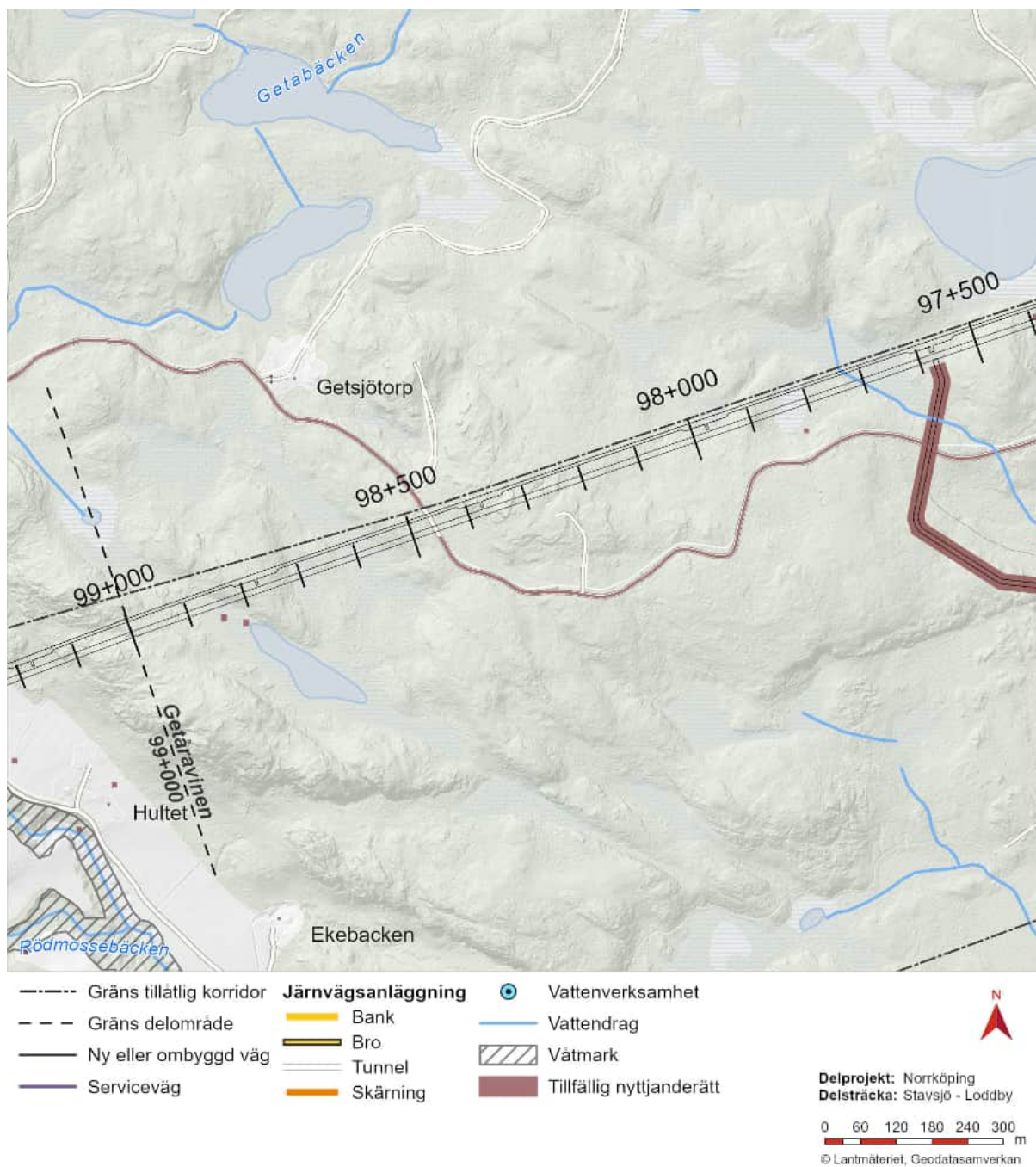
Området kring tunneln är kuperat och skogsklätt. Järnvägen passerar sjön Ekgölen vid km 95+800 som ligger cirka 350 meter söder om järnvägen, och sjön Mörka Getsjön vid km 97+400 cirka 50 meter norr om järnvägen.



Figur 19. Del 1 (km 94+860 – km 96+400) av sträcka Kolmården (km 94+860 – km 99+000). Inga ytvattenverksamheter finns på denna del av sträcka Kolmården.



Figur 20. Del 2 (km 95+900 – km 97+700) av sträcka Kolmården (km 94+860 – km 99+000).



Figur 21. Del 3 (km 97+400 – km 99+000) av sträcka Kolmården (km 94+860 – km 99+000). Inga ytvattenverksamheter finns på denna del av sträcka Kolmården.

Y097-001 Arbeta i vattenområde km 97+150

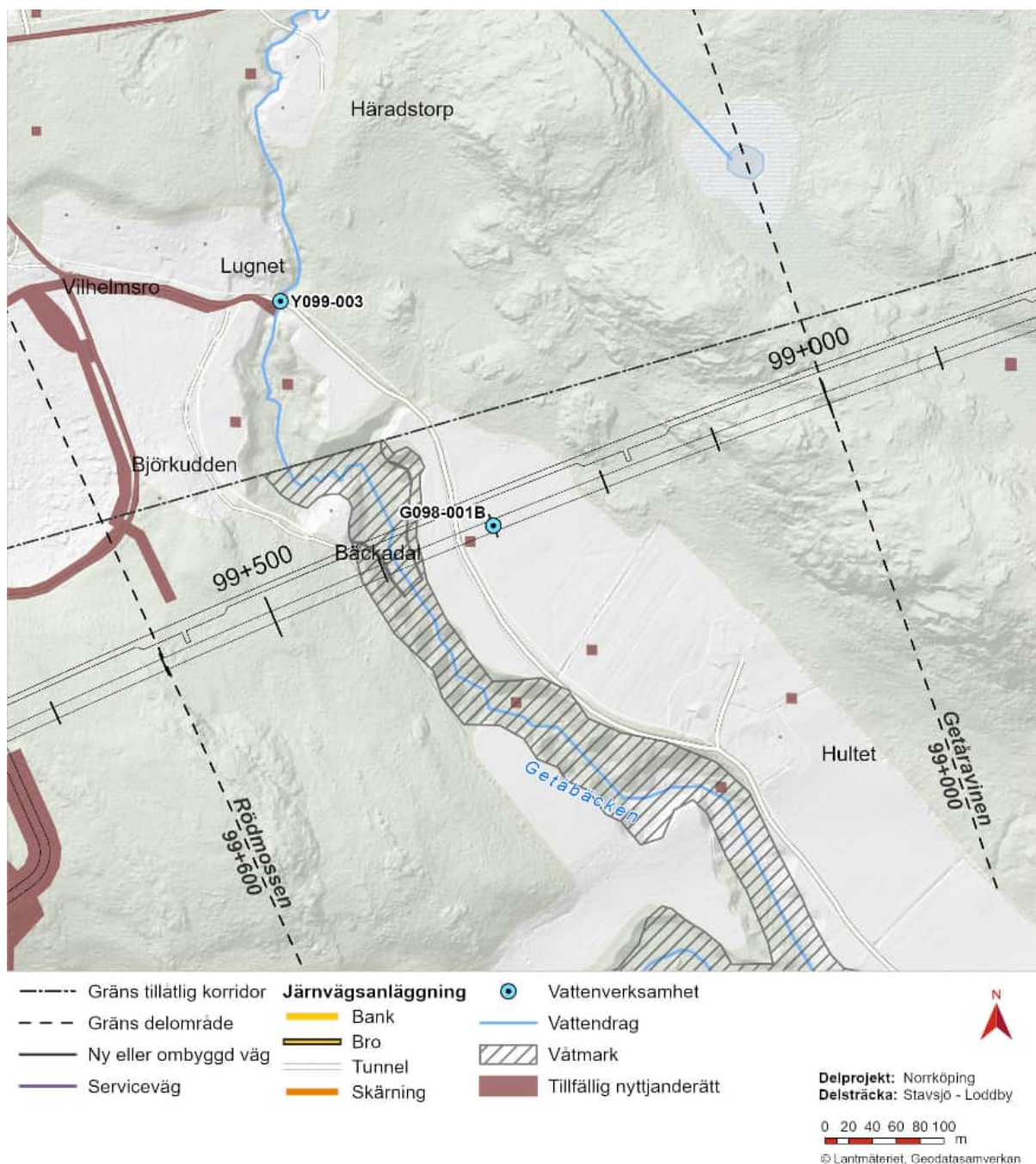
Vid mynningen av arbetstunneln vid Svartgölen finns en våtmark som utgörs av ett surdråg, en långsmal vattenmättad mark i en sänka. Grävning och fyllning krävs i del av våtmarken där en etablerings- och upplagsyta ska uppföras. Våtmarken har en totalyta på cirka 0,5 hektar varav cirka 0,3 hektar schaktas ur. Jordlagerföljden är cirka 1-2 meter organisk jord ovan morän på berg. Schaktvolym bedöms till 4500 m³ organisk jord.

Marken schaktas ur och fylls med fyllnadsmassor för erforderligt underlag för etablering och upplag. Urgrävd och återfylld del av våtmark återställs inte.

8.1.3. Getåravinen (km 99+000 – km 99+600)

Vid cirka km 99+400 passerar tunneln under Getåbäcken som går i en ravin och kring vattendraget på ravinens botten finns en våtmark som utgörs av sumpskog, se Figur 22.

I detta delområde går anläggningen i bergtunnel under en långsträckt dalgång i nordvästlig riktning. I dalgången återfinns jordarter som postglacial silt, postglacial finsand och svallsediment (grus).



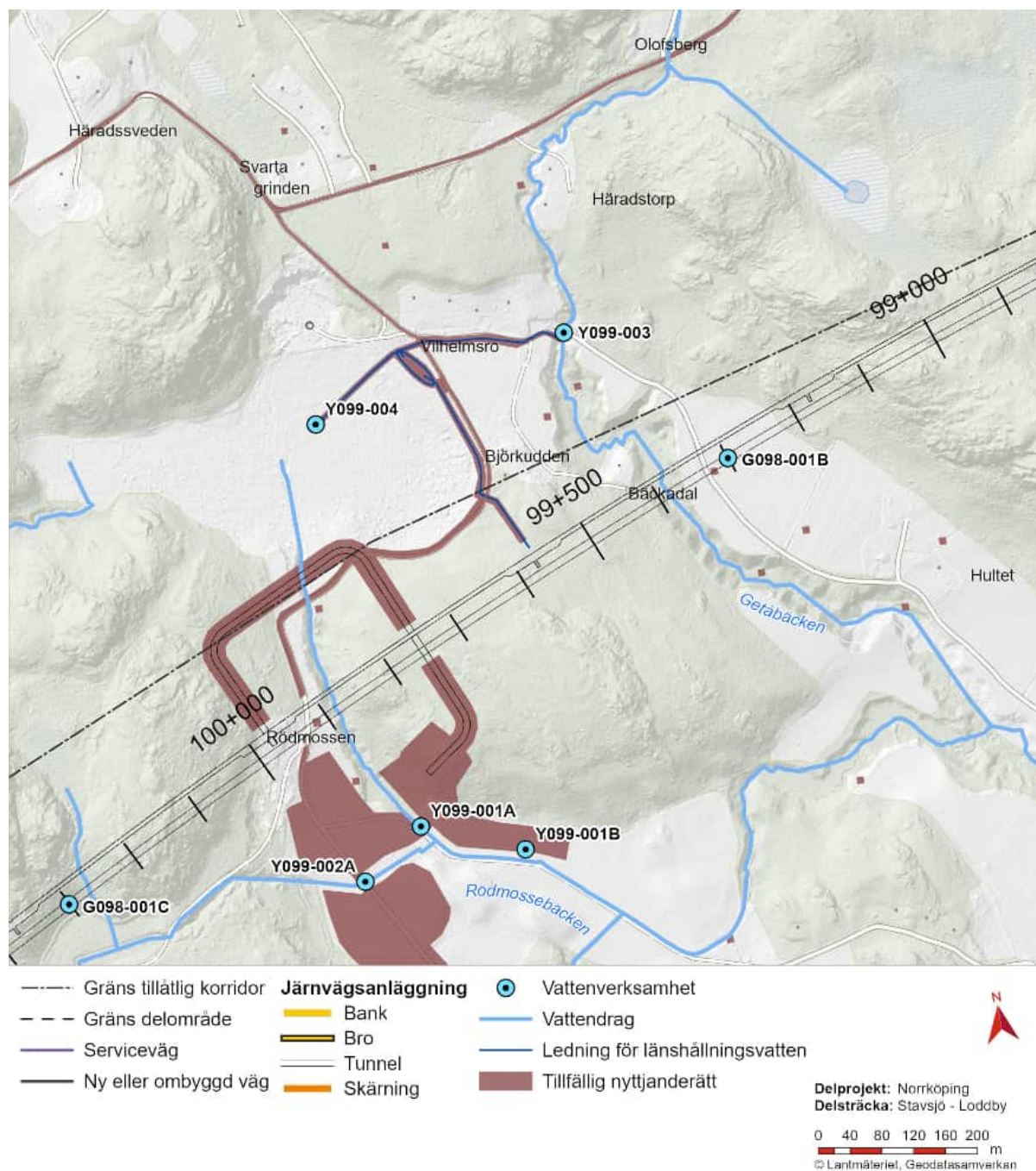
Figur 22. Sträcka Getåravinen (km 99+000 – km 99+600).

Y099-003 Arbete i vattenområde km 99+400

Vatten kommer att återföras till Getåbäcken. En ledning ska anläggas fram till cirka 5 meter innan bäcken och mynnar i ett erosionsskydd bestående av rundat material som förläggs upp till ledningens hjässa och fram till bäckens botten, se Figur 23. En mindre schakt utförs i slänten ovan vattenytan, för att anpassa erosionsskyddet till dikets utlopp och omgivande mark.

Detta utgör utsläppspunkt för det vatten som ska återföras till Getåbäcken. I byggskedet kommer vatten att tas från det kommunala vattennätet och tillföras via damm vid Vilhelmsro och markförlagd

ledning från produktionsytan vid Rödmossen. I driftskedet tas vatten från pumpgrop i tunneln för pumpning upp till samma damm vid Vilhelmsro, för mer information se avsnitt 7.1.4.

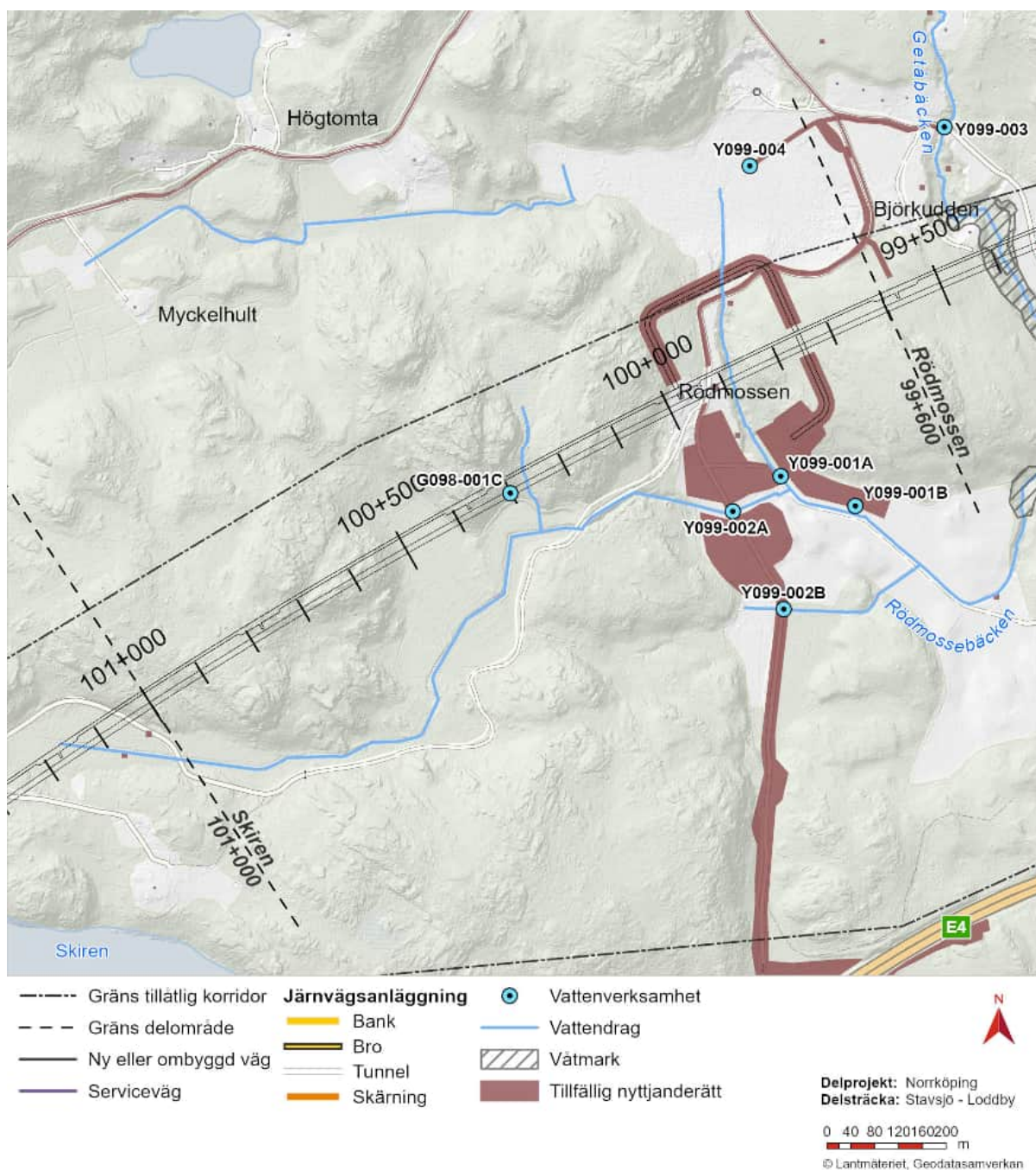


Figur 23. Återföring av tunnelvatten till Gefåbacken och Rödmossebacken.

8.1.4. Rödmossen (km 99+600 – km 101+000)

Järnvägen går i en djup bergtunnel genom hela sträckan, se Figur 24. Tunnelns djup varierar mellan 90 meter och 120 meter under marken och inkluderar Kolmårdstunnelns djupaste punkt. På sträckan finns även en arbetstunnel som mynnar vid Rödmossen (km 99+850).

Landskapet utgörs av skog med undantag av området kring Rödmosen som består av jordbruksmark. Marken består av ytligt berg med partier av sandig morän och torvmark. Jorddjupet överstiger inte mer än 16 meter.



Figur 24. Sträcka Rödmosen (km 99+600 – km 101+000).

Y099-004 Arbete i vattenområde km 99+720

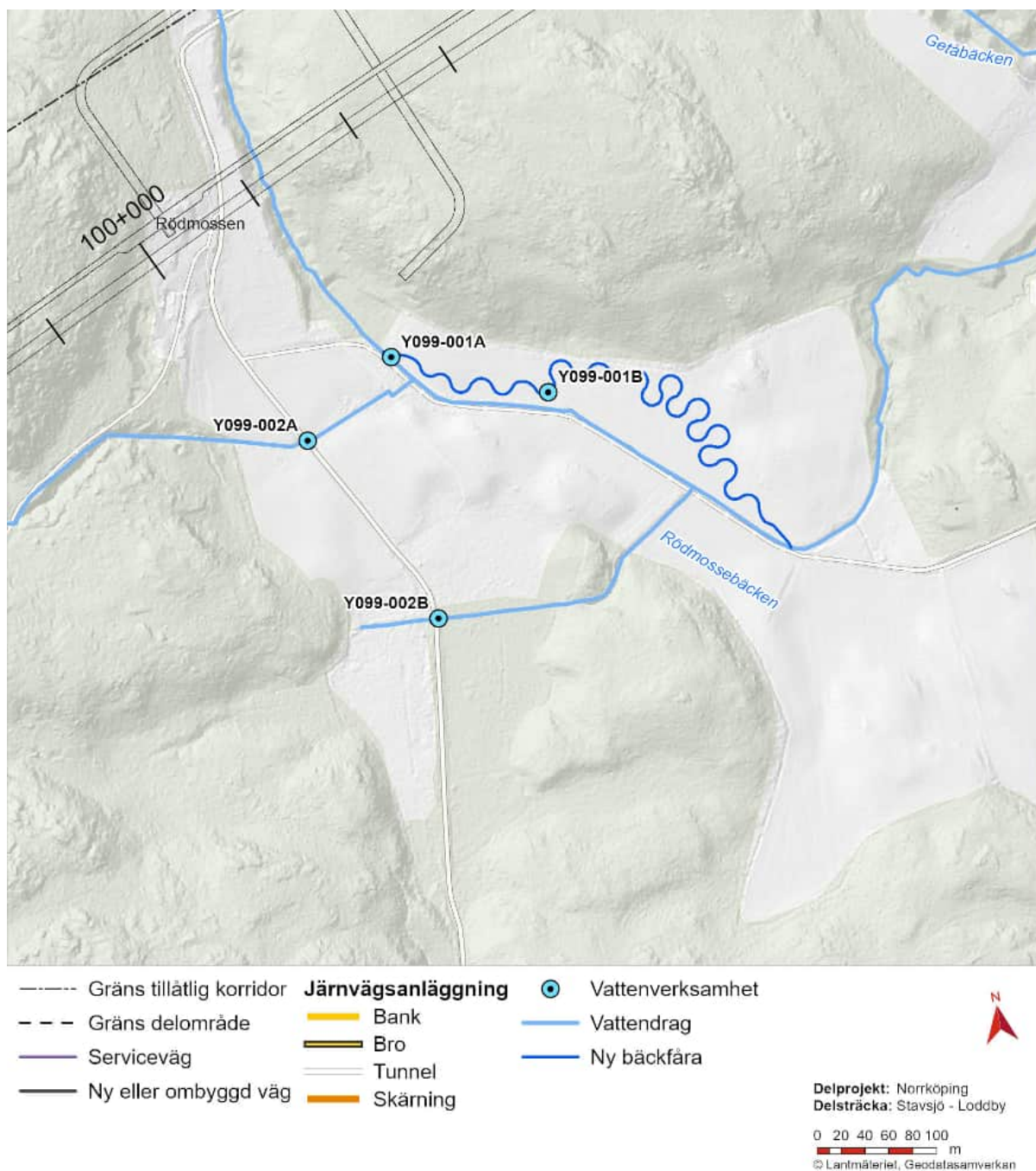
Vatten ska återföras till Rödmossebacken. En ledning ska anläggas fram till Rödmossebacken och mynnar i ett erosionsskydd bestående av rundat material som förläggs upp till ledningens hjässa och fram till bäckens botten, se Figur 24. En mindre schakt utförs i anslutning till vattendraget, för att anpassa erosionsskyddet till dikets utlopp och omgivande mark.

Detta utgör utsläppspunkt för det vatten som ska återföras till Rödmossebacken. I byggskedet kommer vatten att tas från det kommunala vattennätet och tillföras via markförlagd ledning från produktionsytan vid Rödmossen och damm vid Vilhemsro. I driftskedet tas vatten från pumpgrop i tunneln för pumpning upp till samma damm vid Vilhemsro. För ytterligare information se avsnitt 7.1.4.

Y099-001 (A, B) Arbete i vattenområde km 99+700 – km 99+900

Vid Rödmossebacken planeras två vattenverksamheter, se Figur 25.

- A. Anläggande av tillfällig trumma Rödmossebacken
- B. Omgrävning av Rödmossebacken



Figur 25. Omgrävning av Rödmossebacken.

A – Anläggande av tillfällig trumma km 99+900

En produktionsväg anläggs över Rödmossebacken cirka 170 meter sydöst om Kolmårdstunneln och en tillfällig trumma anläggs för vattendraget. Produktionsvägen ska användas för transport mellan två upplagsytor för byggnation av Kolmårdstunneln. Vägen och trumman tas bort efter avslutad byggfas.

B – Omgrävning av Rödmossebacken km 99+700 – km 99+900

Efter byggskedet planeras Rödmossebacken att grävas om och restaureras för att få en mer meandrande och naturlig sträcka. Den del av vattendraget som planeras ersättas är idag uträtad och

går i ett dike över en åker parallellt med en grusväg. Sträckan som ska ersättas är cirka 390 meter. Flödet i bäcken är uppskattat till cirka 22,5 l/s.

Den nya bäckfåran utförs med bottenbredd 1,6 meter, släntlutning 1:3 upp till 0,3 meter ovan botten där svämplanen vidtar.

Omgrävningen föreslås bli cirka 720 meter lång med lutning 5 ‰ och ansluts till befintlig bäckfåra upp- och nedströms (+64,1 meter respektive +60,2 meter). Den nya bäckfåran följer i grova drag den rinnväg som vattendraget ursprungligen följde norr om nuvarande bäckfåra.

Kring bäckfåran anläggs ett svämplan. Svämplanet ska översvämmas vid flöden högre än medelhögflödet (MHQ) och erosionssäkras genom naturlig växtlighet.

Den nya bäckfåran kan grävas helt i torrhet. När det är genomfört så släpps vatten på och den befintliga bäckfåran fylls igen. Förslag på omgrävningen i plan kan ses i Figur 25.

Y099-002 (A, B) Arbete i vattenområde km 100+000

Vid två biflöden till Rödmossebäcken planeras två vattenverksamheter.

A. Anläggande av trumma under produktionsväg

B. Anläggande av trumma under produktionsväg

A – Anläggande av trumma under produktionsväg km 100+000

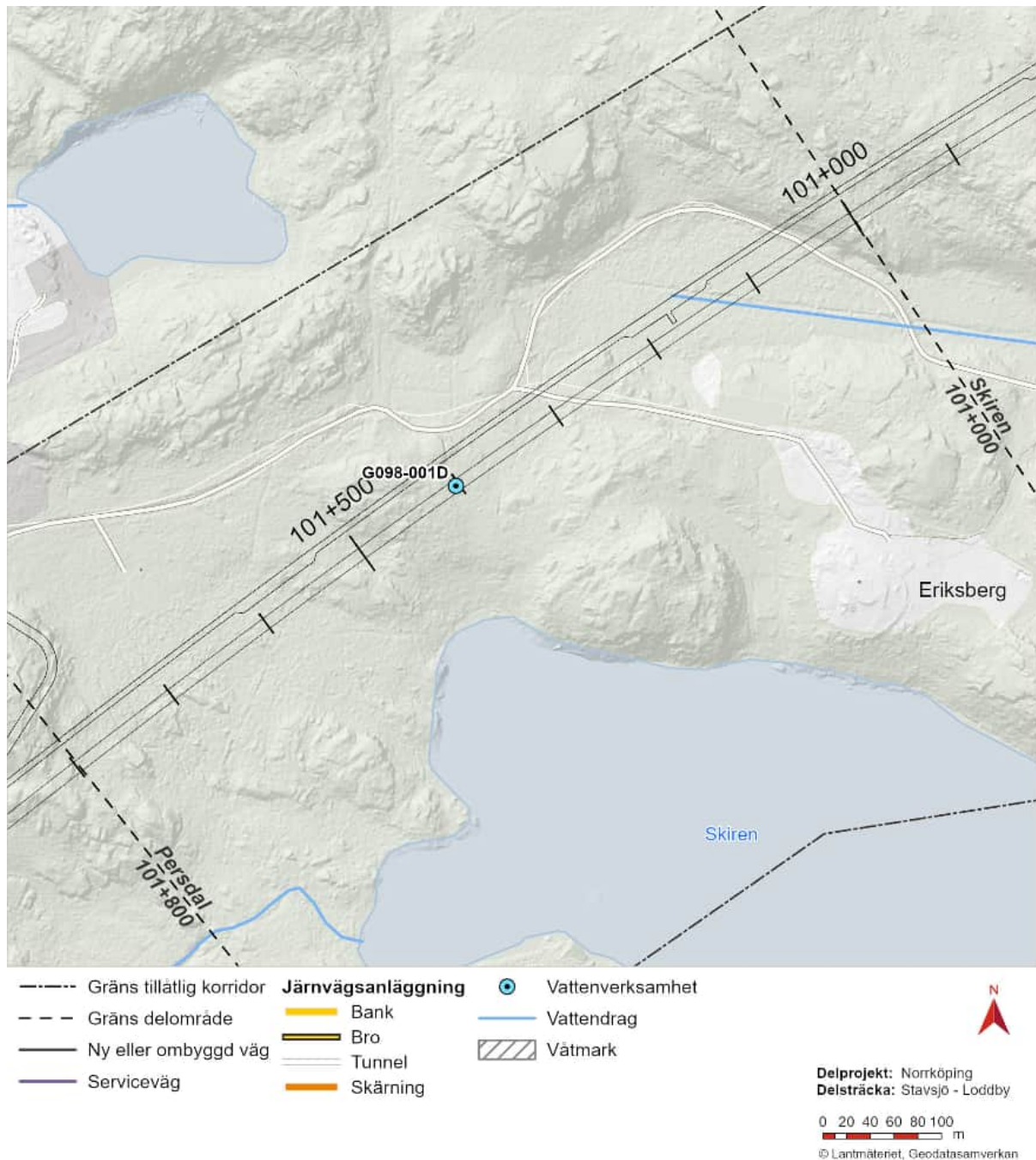
En trumma rivs och ersätts med ny längre trumma i ett biflöde som går till Rödmossebäcken under en befintlig väg. Vägen ska användas som produktionsväg under byggskedet och kommer därför breddas och förstärkas och byte av befintlig trumma under vägen är nödvändigt. Trumman lämnas kvar efter byggskedet. Trumman dimensioneras och utförs enligt Trafikverket krav och råd (se avsnitt 4.6.1).

B – Anläggande av trumma under produktionsväg km 100+000

En trumma rivs och ersätts med ny längre trumma i ett biflöde som går till Rödmossebäcken under en befintlig väg. Vägen ska användas som produktionsväg under byggskedet och kommer därför breddas och förstärkas och byte av befintlig trumma under vägen är nödvändigt. Trumman lämnas kvar efter byggskedet. Trumman dimensioneras och utförs enligt Trafikverket krav och råd (se avsnitt 4.6.1).

8.1.5. Skiren (km 101+000 – km 101+800)

På sträcka Skiren planeras inga ytvattenverksamheter att genomföras.

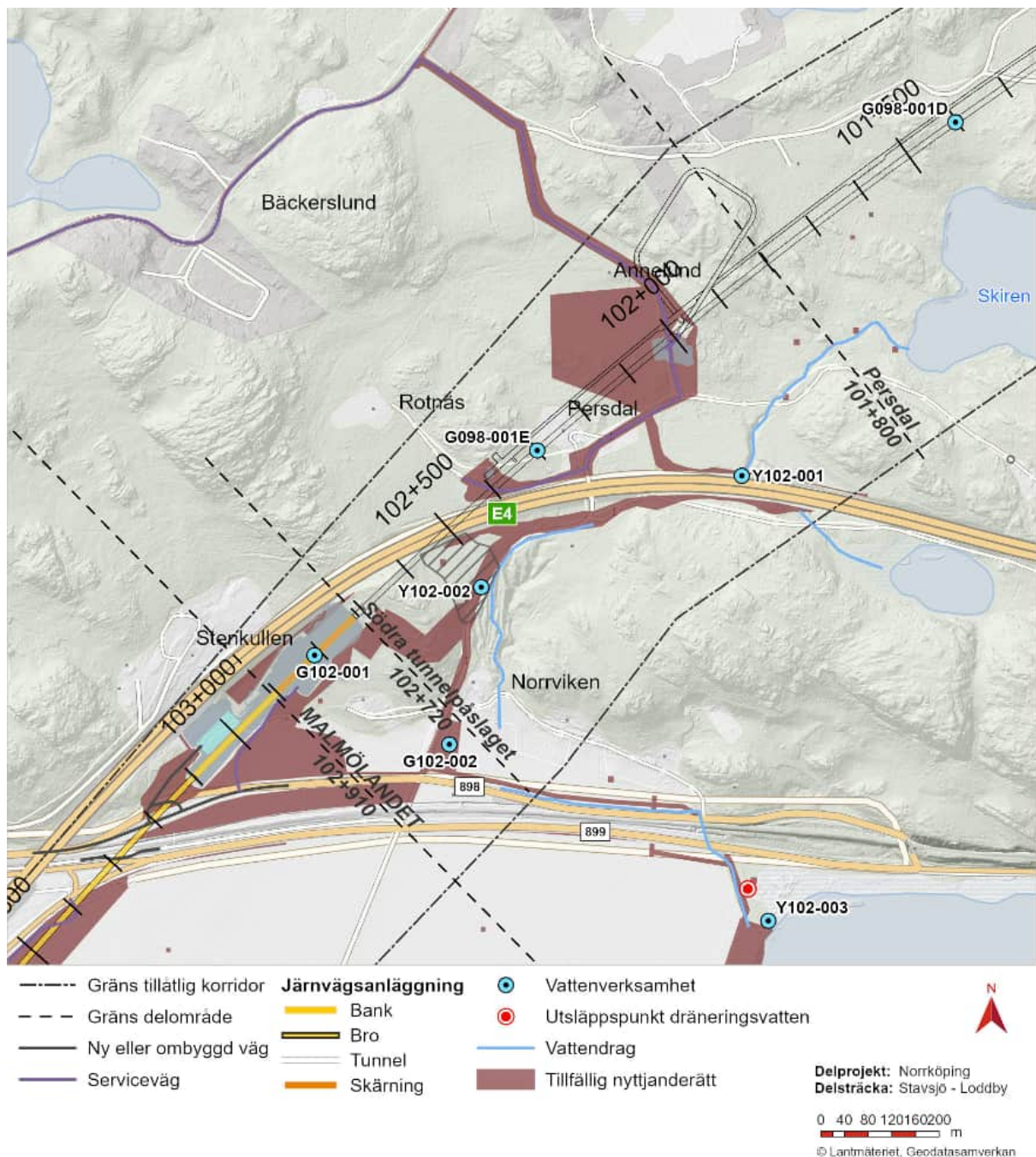


Figur 26. Sträcka Skiren (km 101+000 – km 101+800).

8.1.6. Persdal (km 101+800 – km 102+720)

Järnvägen passerar i tunnel på sträckan, se Figur 27. Tunneldjupet minskar linjärt från 80 till 30 meter längst söderut och passerar under E4. En arbetstunnel mynnar i området kring Persdal vid km 102+000. Servicetunneln avslutas inom sträckan vid ventilationsschakt. Landskapet består av

skogsklädda områden. Jordlager över berget består av sammanhängande sandiga moränjordar som täcker större delen av området.



Figur 27. Sträcka Persdal (km 101+800 – km 102+720).

Bäck från Skiren

Bäcken rinner från Skiren och söderut under E4, längs Nyköpingsvägen och mynnar slutligen i Bråviken, se Figur 27.

Bäcken passerar tre mindre vägar mellan Skiren och E4. Trumman under E4 är minst 250 m lång. Den övre delen av bäcken, från Skiren och norr om E4, är flack och relativt grund. Söder om E4 övergår den i en ravin längs förkastningsbranten ned mot Malmölandet.

Flödesmätningar i bäckens övre flacka del norr om E4 visar att vattendraget ofta saknar flöde under sommartid.

En våtmark finns strax söder om E4 vid km 102+550. Våtmarken är ett källkärr och präglas av utströmmande grundvatten. Utflödet från våtmarken förser bäcken från Skiren med vatten vilket blir viktigt för bäcken i perioder då flödet från Skiren till bäcken är lågt eller obefintligt.

Y102-001 Arbete i vattenområde km 102+100 och km 102+150

Tillfälliga ramper till E4 ska anläggas och användas under byggskedet öster om järnvägen vid cirka km 102+100 och km 102+150. Ramper kommer att korsa vattendraget på norra och södra sidan om E4. Trummor behöver anläggas på vardera sidan E4 för vattendraget. Vattnet kommer att ledas vidare i dike längsmed rampen på södra sidan om E4. Diket ansluts till vattendraget på lämplig plats (vattendraget är rörlagt på den här sträckan).

Trummorna dimensioneras och utförs enligt Trafikverket krav och råd (se avsnitt 4.6.1). Ramper och trummor rivs efter avslutad byggnation. Vattendraget återställs.

Y102-002 Arbete i vattenområde km 102+480 – km 102+590

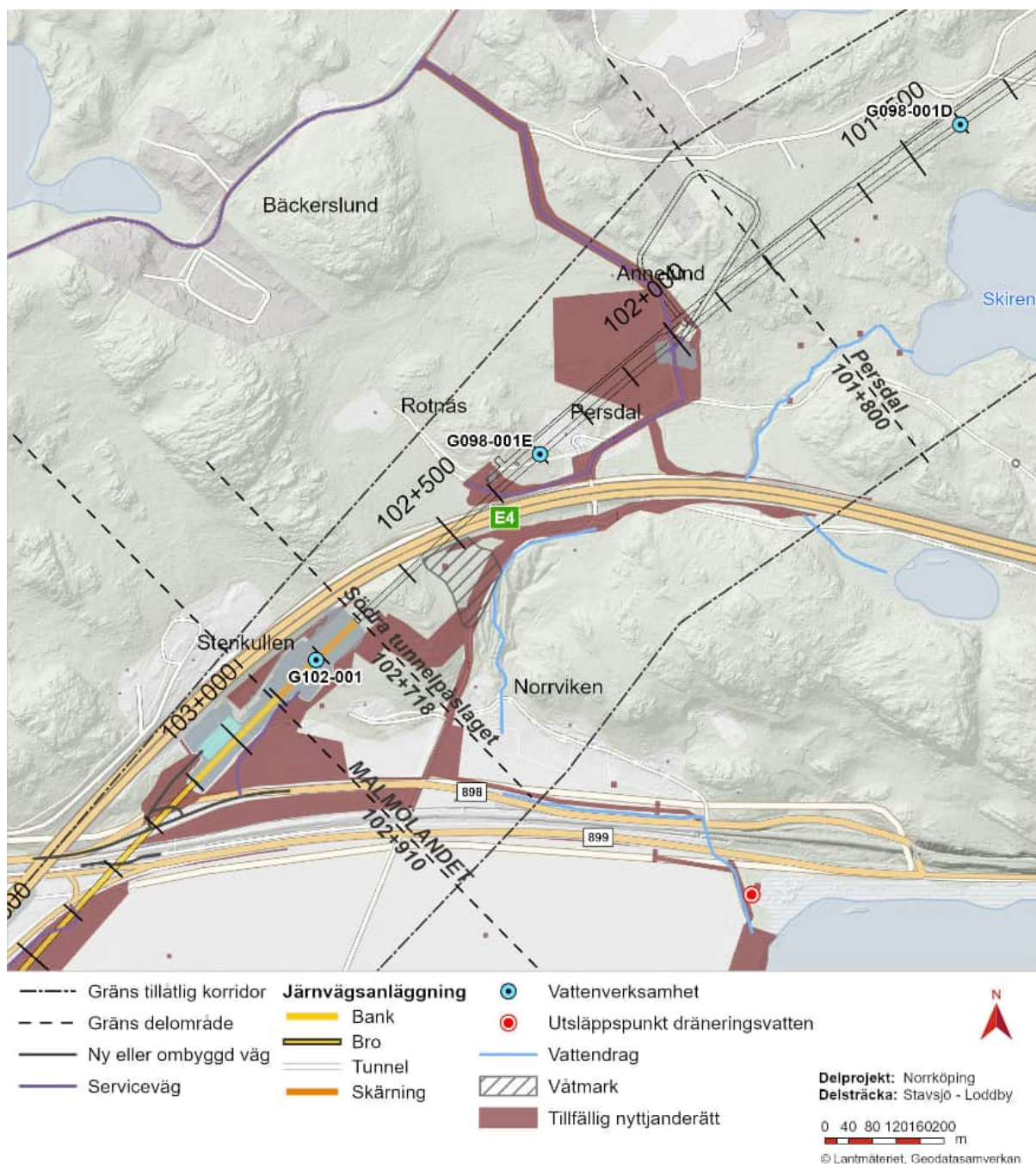
Grävning och fyllning i våtmark (källkärr) krävs för att bredda och förstärka en befintlig mindre väg, lägga ned ledning för avledning av vatten från tunneln samt för byggnation av en tillfällig ramp till E4. Under den befintliga vägen finns en stensättning som fungerar som en trumma, denna ska förlängas för att få samma längd som vägen.

Den befintliga vägen planeras att användas som produktionsväg under byggskedet av järnvägen. Då vägen och ledningen passerar ett källkärr med utströmmande grundvatten bör ledningsgraven runt ledningen tätas så att dränering inte sker via ledningsgraven utan att strömningsvägarna i området behålls. Våtmarken har en totalyta på cirka 1,1 hektar varav cirka 0,3 hektar kvadratmeter schaktas ur för byggnation av väg, ledning och ramp. Jordlagerföljden är cirka 1-2 meter organisk jord ovan morän på berg. Schaktvolym bedöms till 4500 m³ organisk jord. Rampen tas bort efter avslutad byggnation.

8.1.7. Södra tunnelpåslaget (km 102+720 – km 102+910)

På sträckan kommer järnvägen ur betongtunnel inom området Bråvikens förkastningsbrant, se Figur 28. Landskapet är mestadels skogsklätt och karakteriseras av brant topografi med sluttning åt söder.

Mellan km 102+640 och 102+750 finns ett antal bergytor med olika nivåer synliga i terrängen. Markytan har formats i en trappstegsliknande formation i samband med det underliggande berget och dess struktur. Området mellan bergytorna utgörs av en siltig eller lerig sandmorän med en mäktighet upp till cirka 10 meter. Moränen är delvis sten- och blockrik i markytan. Från km 102+750 och framåt består naturligt lagrad jord av sandig morän med en mäktighet upp till cirka 10 meter. Moränen vilar på berg.



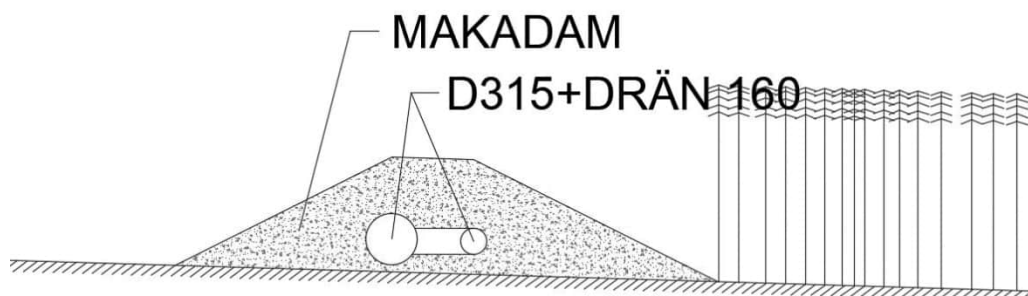
Figur 28. Sträcka Södra tunnelpåslaget (km 102+720 – km 102+910).

Y102-003 Arbeta i vattenområde km 102+600 – km 103+000

Vid Norrvikens strandområde kommer en tillfällig anläggning för spridning av vatten att anläggas. Den kommer förslagsvis utformas som en makadambädd. Makadambädden anläggs utmed befintlig jordvall.

Vattnet som släpps till makadambädden är länshållningsvatten från Kolmårdstunneln som bräddat via en fördröjningsdamm. Från fördröjningsytan leds vattnet i en trycksatt bräddledning till makadambäddens norra ände där den täta bräddledningen övergår till spridarrör. Bädden av makadam anläggs för att fördela länshållningsvatten som släpps ut vid bräddning längs med vassbälte

för att gynna upptag av kväve och bidra till att skydda recipienten, Norrviken, från påverkan. Makadamen förankras med en geoduk som läggs runt fyllningen.

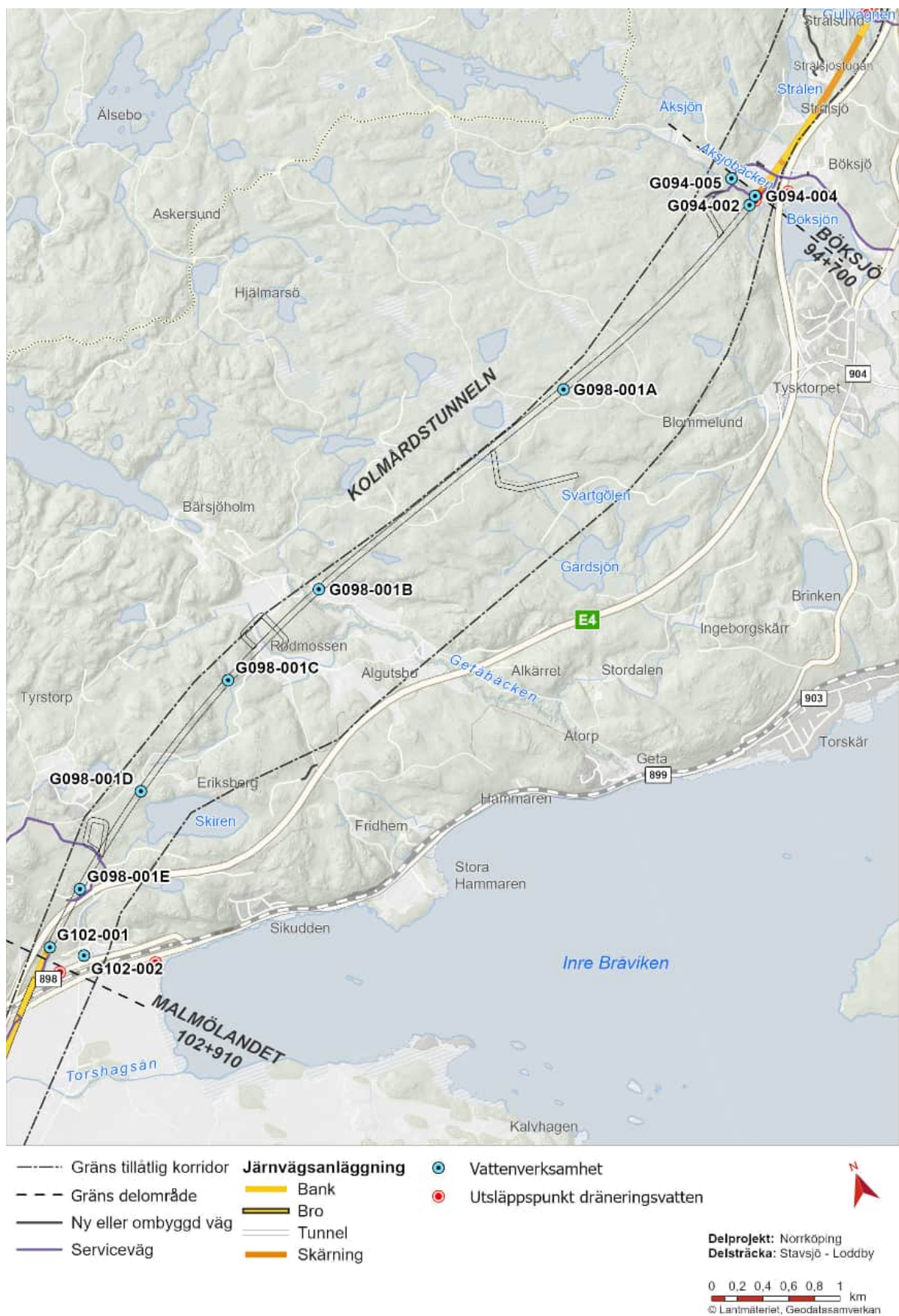


Figur 29. Principskiss över makadambädden.

Dräneringen är tänkt att delas upp på fyra 100 meters rör som grenas ut från huvudledningen. Om det mot förmodan blir delvis frysning av spridningslagret (makadamen) kommer det alltid att finnas läckvägar då vattnet hela tiden är i rörelse och har några plusgrader i temperatur samtidigt som det är tillgång till bra tryck i ledningen. Jorden bredvid vallen närmast Norrviken består av gyttejlera som medför att det är blött. Till följd av detta rekommenderas att spridarledningen förläggs i den övre delen i makadamfyllningen. Efter att behovet av spridning av vatten inte längre kvarstår tas makadambädden bort och marken återställs.

8.2. Grundvattenverksamheter

I detta avsnitt presenteras grundvattenverksamheterna på delområde Kolmårdstunneln, se Figur 30. Dessa finns också med i bilaga B till ansökan *Sammanställning vattenverksamheter som teknisk beskrivning omfattar* där samtliga vattenverksamheter i denna tekniska beskrivning finns sammanställda.



Figur 30. Grundvattenverksamheterna på delområde Kolmårdstunneln.

8.2.1. G094-004 Grundvattenbortledning km 94+710 – km 94+720

Järnvägsbro över Åksjöbäcken

Järnvägsbron över Åksjöbäcken föreslås som en plattrambro i ett spann. Brolängden blir cirka 19 meter med fri öppning cirka 9 meter. Den fria brobredden blir cirka 11,5 meter. Se förslag på utformning av järnvägsbron i bilaga C.2.

Området består av en mindre ravin där Åksjöbäcken rinner. Ravinens sidor är täckta av skog. Jordlagren består mestadels av fast lagrad sand som övergår till en blandkornig morän på sydvästra sidan av ravinen. Jordmaktigheten varierar mellan cirka 10 och 16 meter.

Järnvägsbron föreslås att grundläggas med plattgrundläggning (se avsnitt 5.3.1) på packad fyllning i fast ostörd naturligt lagrad jord. Grundvattennivån kan förväntas ligga i eller kring nivå +70 enligt två närliggande grundvattenrör.

Brons spännvidd och fria höjd möjliggör passage för småvilt.

Genomförande av järnvägsbro

Temporär grundvattenbortledning kommer att ske för att anlägga järnvägsbron. Brostöden anläggs i jordlager under bedömd grundvattennivå. För att kunna utföra grundläggningsarbetena i torrhet kan det av byggnadstekniska skäl bli aktuellt med spont (se avsnitt 5.2.1). Schakten för brokonstruktionen blir cirka 4 meter djup under befintlig markyta, vilket ungefär motsvarar den maximala avsänkningen av grundvattennivån, se Figur 31. Grundvattenbortledning förväntas ske under cirka åtta månader, medan förbipumpning av vattendraget sker, se Figur 18.

Överbyggnaden byggs med fribärande formställning.



Figur 31. Tvärsektion Åksjöbäcken vid Ostlänken.

8.2.2. G094-005 Grundvattenbortledning km 94+720

Över Åksjöbäcken går en befintlig enskild väg som används som arbetsväg under byggskedet och som serviceväg under driftskedet. Vägen passerar Åksjöbäcken cirka 250 meter uppströms planerad järnvägsbro. Åksjöbäcken går idag i befintlig stentrumma vilken ska rivas ut helt. En ny prefabricerad slutna plattrambro uppförs på samma ställe.

Åksjöbäcken rinner i en brant lutning. Ravinens sidor är täckta av skog. Bergnivån är okänd i läget för bron. Bron ligger i en övergång mellan djupare jordlager i öst och ytligt berg i väst. I den närmsta relevanta undersökningspunkten påträffades berg cirka 3 meter under markytan i en sondering cirka 90 meter nordväst om brons läge. Bron ligger utanför korridoren där inmätning av berg i dagen utfördes. Grundvattennivåerna bedöms ligga nära marknivå.

Plattrambro föreslås anläggas med en prefabricerad lösning som läggs ned i vattendraget. Bron grundläggs på packad fyllning under vatten och botten och slänter i Åksjöbäcken grävs ut i erforderlig omfattning vid broläget. Schaktdjupet från befintlig väg bedöms uppgå till cirka 3,6 meter.

Tillfällig grundvattenbortledning sker under anläggandet av den prefabricerade slutna plattrambro. Vattendraget kommer att ledas förbi platsen under arbetstiden, vilket förväntas vara cirka två månader och ske innan anläggandet av järnvägsbron (G094-004) nedströms.

8.2.3. G094-002 Grundvattenbortledning km 94+730 – km 94+860

Vid norra tunnelpåslaget för Kolmårdstunnelns spårtunnel går järnvägen i skärning mellan cirka km 94+760 – km 94+796. Därefter övergår järnvägen i betongtunnel fram till km 94+865 där bergtunneln börjar. Bergytan vid skärningen täcks av jord vilket gör att det blir en kombinerad jord- och bergskärning. Jordmaktigheten uppgår till som mest cirka 11 meter vid släntfot till förskärning för spårtunneln. Vid förskärningens släntröner ligger berget ytligt med ett tunt jordtäckle eller berg i dagen. Det krävs jordskärning och bergschakt för att utföra förskärningen. Grundvattentrycket mot

tunnelbotten varierar men är cirka 25-30 meter vattenpelare (2,5-3 bar) där betongtunneln övergår till bergtunnel. Permanent grundvattenbortledning krävs för tunnelpåslaget.

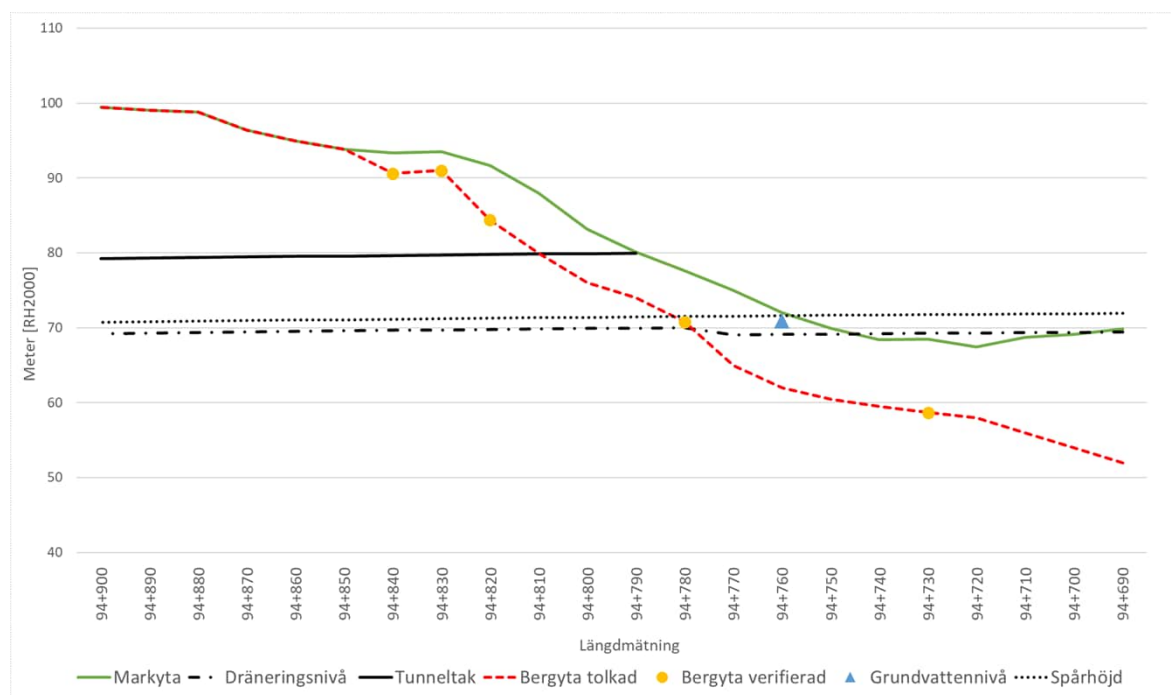
Betongtunneln utförs mellan cirka km 94+796 fram till cirka km 94+865 med hänsyn till rådande markförhållanden. Betongtunneln anläggs med öppen botten (se utförandebeskrivning i avsnitt 4.3) och grundläggs på en makadambädd ovan berg eller fast ostörd naturligt lagrad jord. Eventuellt inläckande grundvatten dräneras bort från tunnelbotten. Anslutningen mellan betongtunnel och bergtunnel ska tätas för att förhindra inläckage av vatten.

Dräneringsnivån för järnvägen är på cirka +70 meter i början av skärningen, cirka km 94+730. Lägsta dräneringsnivån är cirka +69 meter vid betongtunnelns övergång till bergtunnel, km 94+865, med ett skärningsdjup på som mest cirka 25 meter, se Figur 32. Dräneringsnivån kommer vara permanent och påverkan förväntas inte skilja sig mellan bygg- och driftskede.

I släntfot har grundvattenytan i jord uppmätts på nivå +71 meter i medel (17S106GU). På grund av den kraftiga lutningen på både mark och bergövertya, samt den relativt höga konduktiviteten i jordlagren, är det inte troligt att något bestående grundvattenmagasin finns över denna nivå.

Ytvatten från omgivande mark ska förhindras från att rinna in till bergtunneln under bygg- och driftskedet. Detta uppnås genom att förskärningen innan tunnelpåslaget är utformad med en lutning bort ifrån tunnelpåslaget, det vill säga åt motsatt håll som spårgeometrin är in till tunneln. Järnvägsdiken och dräneringen har en nordöstlig riktning mot ledningssystem som avvattnar järnvägsvattnet till dike och slutligen till Åksjöbäcken.

Byggmetod för skärningen beskrivs i avsnitt 5.1.4 och utformning av bana i skärning i avsnitt 4.2.



Figur 32. Profil över det norra tunnelpåslaget (km 94+690 – km 94+900).

8.2.4. G098-001 (A-E) Grundvattenbortledning km 94+860 – km 102+720

Mellan km 94+860 och km 102+720 planeras järnvägen att gå i en cirka 7 850 meter lång bergtunnel. Den dominerande bergsanläggningen kommer att vara en bergtunnel, med vidhängande servicetunnel, ventilationsschakt och fyra arbetstunnlar. Permanent grundvattenbortledning krävs för spårtunneln, servicetunneln, ventilationsschaktet och samtliga arbetstunnlarna.

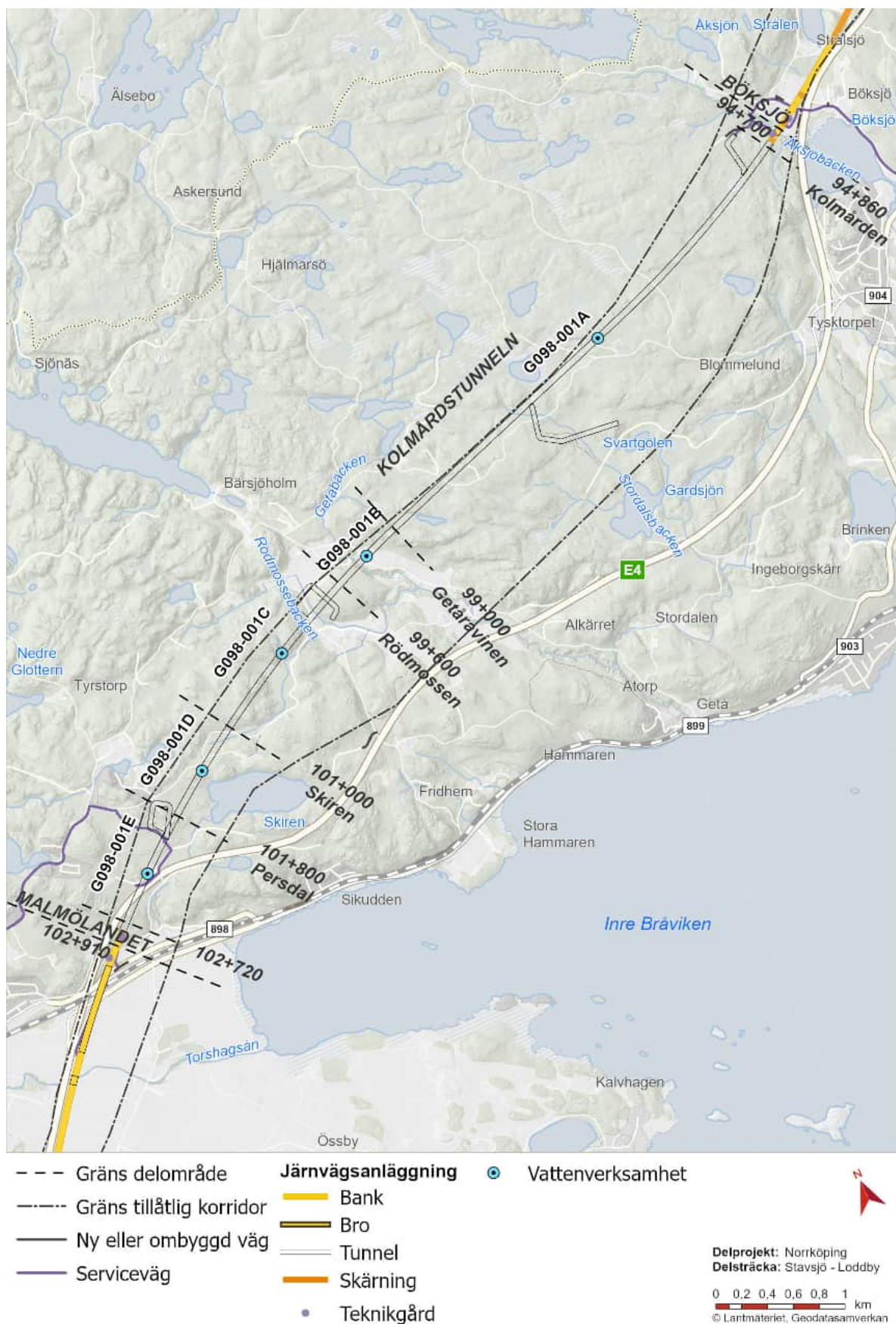
Marken ovanför tunneln utgörs av kraftigt kuperad terräng som varierar från +65 meter vid Getåravinens botten till +155 meter vid högsta punkten. Utmed sträckan finns huvudsakligen skogsmark förutom kring Getåravinen och Rödmosen där det finns jordbruksmark. Naturligt lagrad jord består huvudsakligen av morän på berg. Partier med berg i dagen förekommer frekvent. Ställvis förekommer mindre partier av våtmark och postglacial sand. Undantaget är Getåravinen där jorden består av mer än 32 meter sandig silt och siltig sand.

De vanligaste byggmetoderna för tunneldrivning och tätning av tunnel beskrivs i avsnitt 5.1.1 respektive 5.1.2. I avsnitt 6.4 beskrivs tunneldrivningen specifikt för Kolmårdstunneln. Standardutformningen av spårtunnel, servicetunnel, tvärtunnlar samt arbetstunnel inom Ostlänken beskrivs i avsnitt 4.4. I avsnitt 6.1, 6.2 och 6.3 beskrivs utformningen av Kolmårdstunneln.

Kolmårdstunneln är att betrakta som en enhet med avseende på vattenverksamheten grundvattenbortledning (G098-001). I denna tekniska beskrivning har dock redovisningen delats upp i fem delar (G098-001A - G098-001E), motsvarande fem sträckor. Indelningen i de fem sträckorna av tunneln utgår från de platsspecifika förutsättningarna, såsom tunneldjup, geologi, hydraulisk konduktivitet samt landskapet och omgivningen. Det förekommer sprickzoner med lokalt högre genomsläpplighet längs tunneln och dessa har delats in i separata sträckor av Kolmårdstunnelns bergtunnel. G098-001B och G098-001D utgör delar av tunneln som lokalt har större sprickzoner och därmed högre genomsläpplighet. G098-001A, G098-001C och G098-001E utgör till största delen normalberg och är belägna mellan de större kända sprickzonerna.

De sprickzoner som anges i den tekniska beskrivningen har använts vid beräkning av inläckage i tunneln, och framgår i bilaga D.2.2, *Beräkningar*. En mer detaljerad beskrivning av berggrundsgeologin inklusive fler prognostiserade sprickzoner finns i den Ingenjörsgesologiska prognosen från systemhandlingen. Den Ingenjörsgesologiska prognosen kommer att uppdateras i bygghandlingsprojekteringen. Vid oförutsedda genomsläppliga zoner utförs behovsstyrd injektering enligt injekteringskonceptet. Avvikelse mot inläckageprognos fångas upp genom kontrollprogrammet och effekter och eventuella åtgärder utreds.

Som en följd av grundvattenbortledningen i tunneln kan grundvattennivån inom området sänkas. Storleken på grundvattensänkningen bestäms huvudsakligen av förhållandet mellan hydraulisk konduktivitet, grundvattentryck och grundvattenbildning. Det som går att påverka i det tekniska utförandet är bergets hydrauliska konduktivitet i samband med att berget i tunneln tätas. Detta görs för att begränsa sänkningen av grundvattennivån och påverkansområdet. I detta avsnitt presenteras tätningsambitionerna för respektive sträcka, dock kan det förekomma ställvis tätning även utöver detta vid behov.

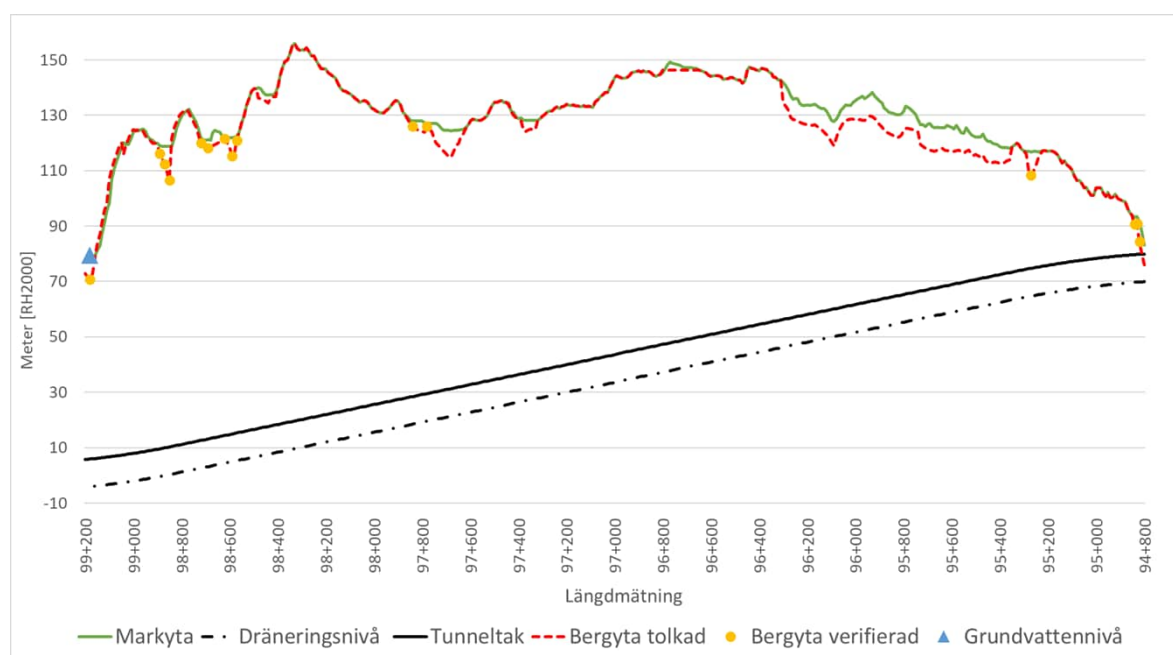


Figur 33. Vattenverksamhet G098-001 med indelningen i de fem delarna (G098-001A – G098-001E) markerade.

G098-001A Grundvattenbortledning km 94+860 – km 99+000

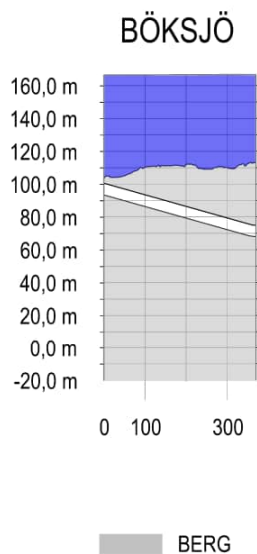
Efter tunnelpåslaget går tunneln i berg inom sträcka Kolmårdstunneln. Generellt består en stor del av området inom Kolmården av berg i dagen eller berg med ringa jordtäcke. Grundvattentrycket längs tunnelsträckan är högt i medeltal, allt ifrån måttligt högt till förmodat mycket högt (>100 meter vattenpelare, 10 bar, vid km 98+200 till km 98+600), se Figur 34.

Mellan cirka km 94+860 och km 95+390 där bergtunneln anläggs med mindre bergtäckning än 50 meter kommer berget att injekteras för att reducera mängden inläckande vatten. Berget kommer tätas med ambitionen att uppnå en täthetsgrad motsvarande en hydraulisk konduktivitet om $1 \cdot 10^{-8}$ m/s. På resterande del av sträckan mellan cirka km 95+390 och km 99+000 anläggs bergtunneln under berg med en mäktighet större än 50 meter. Berget bedöms då vara så pass tätt, det vill säga ha en så pass låg hydraulisk konduktivitet, att injektering inte behövs. Dock förekommer det prognostiserade sprickzoner på sträckan där injektering bedöms krävas.

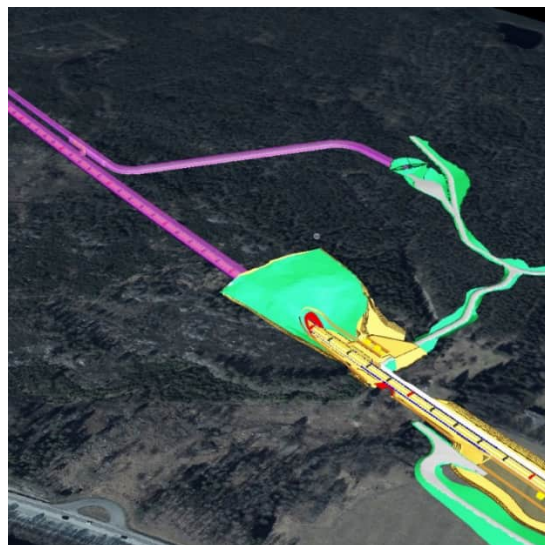


Figur 34. Profil över del av Kolmårdstunneln (km 94+800 – km 99+200).

Arbetstunnel vid Böksjö utförs som en förlängning av servicetunneln ut i dagen vid cirka km 94+975, ungefär 240 meter höger om spårtunneln, se Figur 35 och Figur 35. Arbetstunneln kommer att användas som insatsväg i driftskedet. Tunneln vid Böksjö blir cirka 365 meter lång med lutning cirka -7%.

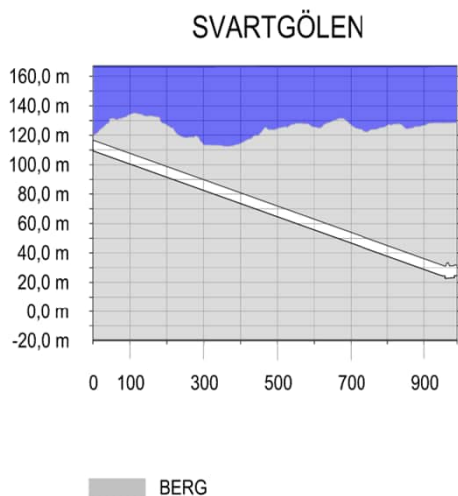


Figur 35. Profil över arbetstunneln Böksjö.



Figur 36. Modell för arbetstunneln Böksjö, se även Figur 17. Rosa är ny bergtunnel och grönt/gult är markarbeten.

Den andra arbetstunneln mynnar vid Svartgölen vid cirka km 97+130, ungefär 600 meter vänster om spårtunneln, se Figur 37 och Figur 38. Tunneln vid Svartgölen blir cirka 990 meter lång med lutning cirka -9% och mynningen försluts efter byggskedet.



Figur 37. Profil för arbetstunneln Svartgölen.



Figur 38. Modell över arbetstunneln Svartgölen, se även Figur 20. Rosa är ny bergtunnel.

Där arbetstunnlarna anläggs med en bergtäckning som är mindre än 50 meter bedöms berget behöva injekteras för att reducera mängden inläckande vatten. Berget tätas med ambitionen att uppnå en täthetsgrad motsvarande en hydraulisk konduktivitet om $1 \cdot 10^{-8}$ m/s. Där arbetstunnlarna anläggs med mäktigare bergtäckning än 50 meter bedöms berget vara så pass tätt, det vill säga ha en så pass låg hydraulisk konduktivitet, att injektering inte bedöms krävas.

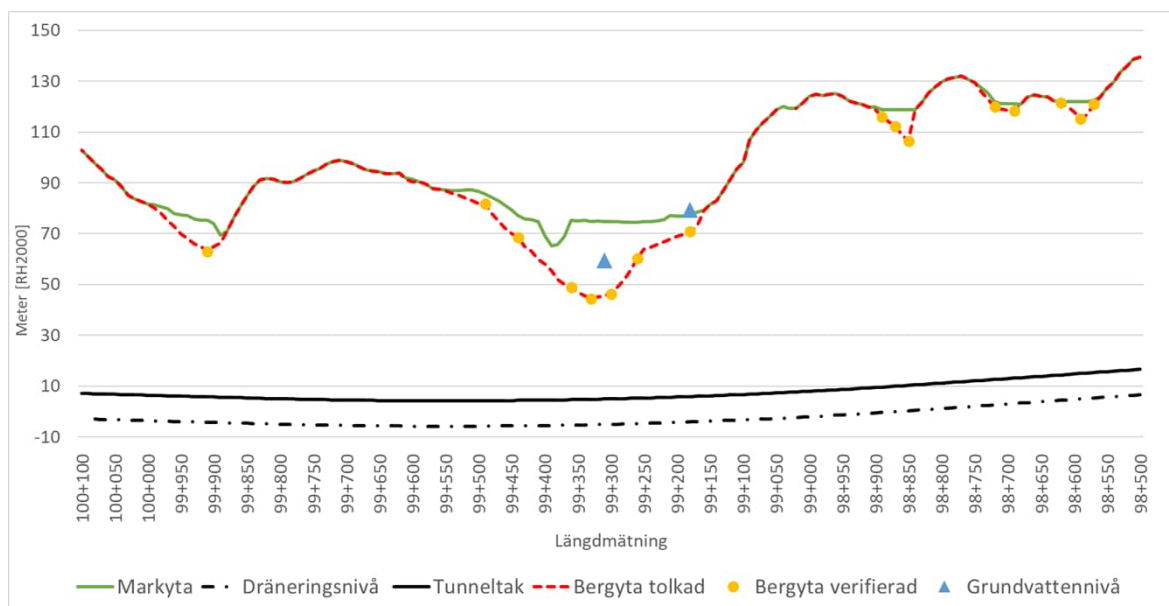
Permanent grundvattenbortledning krävs för spårtunneln, servicetunneln och de två arbetstunnlarna.

G098-001B Grundvattenbortledning km 99+000 – km 99+600

I denna del av bergtunneln går järnvägen under Getåravinen, se Figur 39. Getåravinen utgör en storskalig struktur i berggrunden i en nordväst-sydöstlig riktning. Genomförda geotekniska och bergtekniska undersökningar har verifierat sedimentmaktigheter överstigande 32 meter i Getåravinen. Getåravinen utgör en styrande djuppunkt över spårtunneln och tunnelprofilen ligger djupt för att kunna passera med tillräcklig och säker bergtäckning. Kärnborrhål har också verifierat svaghetszoner i berget i Getåravinen. Svaghetszoner som verifierats i borrhålor karaktäriseras av hög sprickfrekvens/uppkrossad bergmassa. Det förekommer också sporadiskt och av begränsad tjocklek sprickfyllnader som till exempel lera.

Bergförhållandena förväntas därför kräva speciell uppmärksamhet. Bergkvaliteten förväntas vara låg och grundvattentrycket högt. Tunnelbotten förmodas preliminärt vara 60-70 meter under grundvattennivån vid cirka km 98+200 (6-7 bars vattentryck), se Figur 39. Servicetunneln ska drivas minst 25 meter framför spårtunneln vid passage av Getåravinen. All bergschakt i passagen under Getåravinen ska föregås av försondering mellan km 99+000 – km 99+600. Försondering utförs för att bestämma grundvattenförhållandena framför tunnelstufven. Baserat på information från försondering bestäms hur bergschakten av passagen ska genomföras. Ett borrhål i berg ska borraras mellan markyta och tunnelns lågpunkt vid cirka km 99+575. Genom borrhålet ska vatten från tunneln återföras till Getåbäcken och Rödmossebäcken.

På hela sträcka Getåravinen anläggs bergtunneln med större bergtäckning än 50 meter. Berget bedöms på detta djup vara så pass tätt att injektering inte behövs. Dock förekommer det prognostiserade sprickzoner på sträckan där injektering bedöms krävas.



Figur 39. Profil över del av Kolmårdstunneln (km 98+500 – km 100+100).

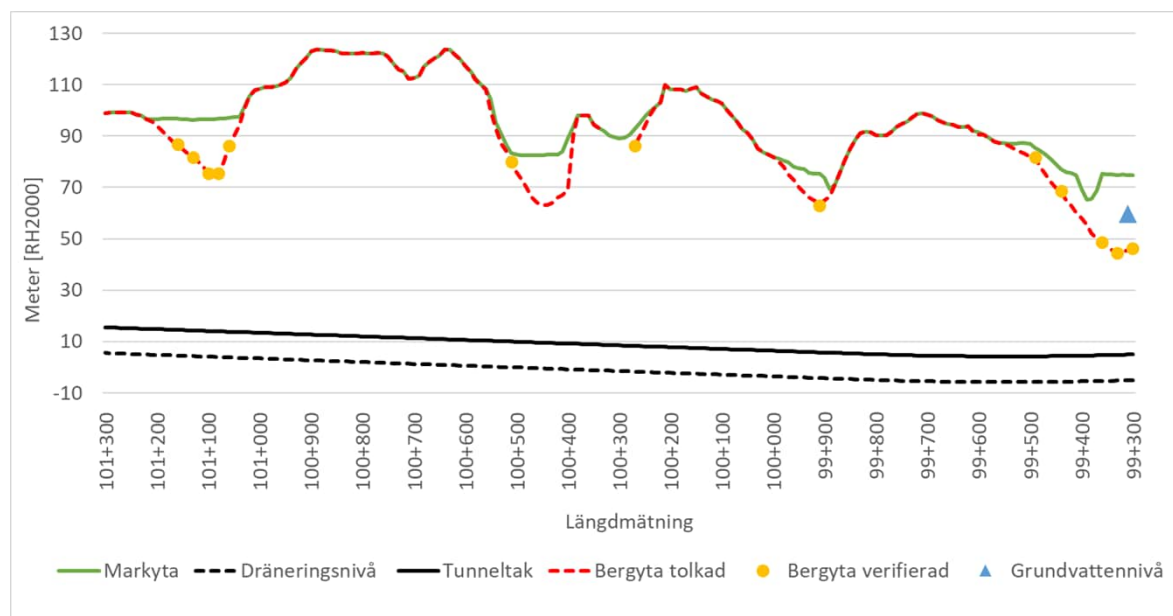
Permanent grundvattenbortledning krävs för spårtunneln och servicetunneln. Ingen arbetstunnel finns på sträckan.

G098-001C Grundvattenbortledning km 99+600 – km 101+000

Tunneln går på stort djup och grundvattentrycket är högt på sträckan, preliminärt upp emot cirka 100 meter vattenpelare (10 bar), se Figur 40. All bergschakt mellan km 99+600 – km 99+800 ska föregås av försondering. Försondering utförs för att bestämma grundvattenförhållandena framför

tunnelstuffen. Baserat på information från försondering bestäms hur bergschakten av passagen ska genomföras.

På den inledande delen av sträckan, mellan km 99+600 och km 99+680, passerar bergtunneln igenom Getåravins svaghetszon där injekteringen kommer utföras. Det förekommer även fler prognostiserade sprickzoner på sträckan där injektering bedöms krävas.

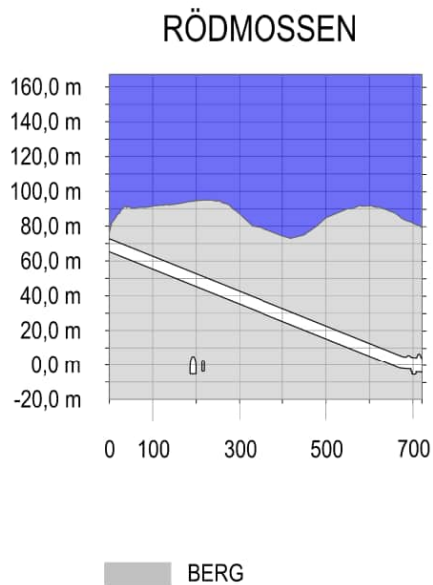


Figur 40. Profil över del av Kolmårdstunneln (km 99+300 – km 101+300).

Arbetstunneln vid Rödmosse ansluter till servicetunneln i närheten av djuppunkten under Getåravinen.

Arbetstunneln svänger och passerar ovan spårtunneln och tunnelmynningen hamnar cirka 125 meter vänster om spårtunneln vid cirka km 99+840, se Figur 41 och

Figur 42. Totalt blir arbetstunneln cirka 721 meter lång med lutning cirka -10%. Tunneln försluts efter färdigställande.



Figur 41. Profil över arbetstunneln Rödmossen.



Figur 42. Modell över arbetstunneln Rödmossen, se även Figur 20. Rosa är ny bergtunnel.

Där arbetstunneln anläggs med en bergtäckning som är mindre än 50 meter bedöms berget behöva injekteras för att reducera mängden inläckande vatten. Berget tätas med ambitionen att uppnå en täthetsgrad motsvarande en hydraulisk konduktivitet om $1 \cdot 10^{-8}$ m/s. Där arbetstunneln anläggs med mäktigare bergtäckning än 50 meter bedöms berget vara så pass tätt att injektering inte bedöms krävas.

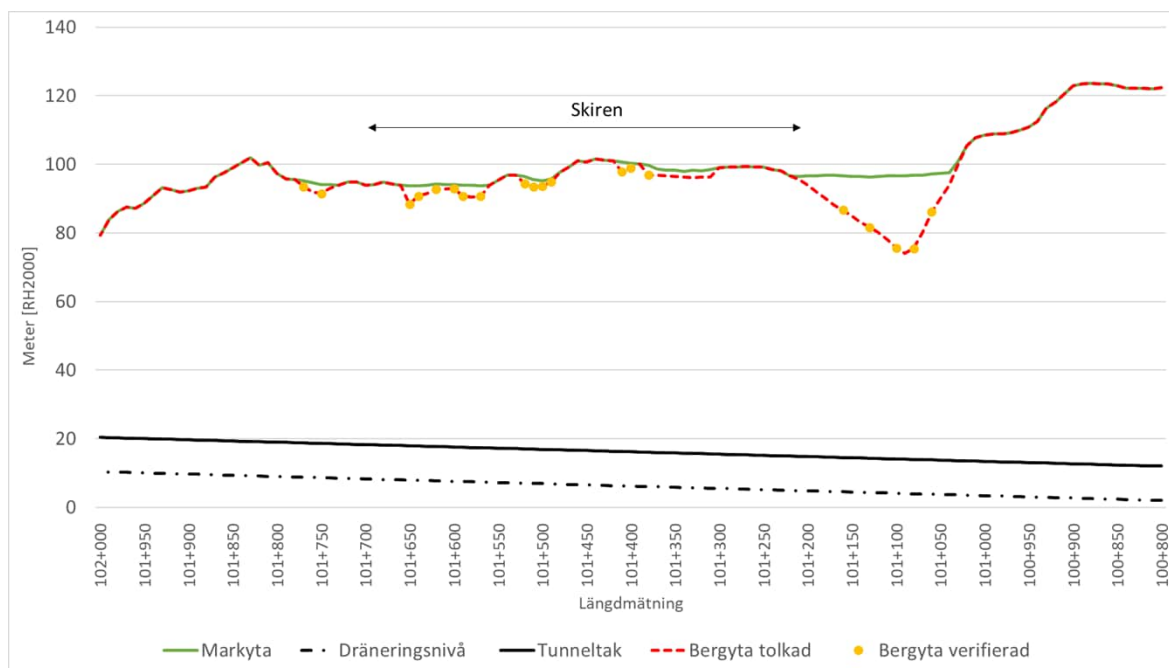
Permanent grundvattenbortledning krävs för spårtunneln, servicetunneln samt arbetstunnel vid Rödmossen.

G098-001D Grundvattenbortledning km 101+000 – km 101+800

Järnvägen går i denna del av bergtunneln strax väster om sjön Skiren, se Figur 43. Skiren är en mycket djup sjö med cirka 45 meter ned till en sedimenttäckta botten. För att påverkan på Skiren ska begränsas ska särskilda åtgärder vidtas för att minska grundvattenbortledningen på sträckan.

All tunneldrivning förbi Skiren ska föregås av försondering för att verifiera bergförhållanden och vattenförekomst framför stoff. Det är ett högt grundvattentryck, preliminärt cirka 100 meter vattenpelare (10 bar), på spårnivå i Skirens närområde. Drivningstekniska förändringar av bergschakten ska vidtas om förutsättningarna för bergschakt avviker från det som prognostiserats.

Mellan km 101+280 och km 101+600 passerar bergtunneln väster om Skiren där det bedöms krävas mer omfattande tätningsinsatser. Det förekommer även fler prognostiserade sprickzoner på sträckan där injektering bedöms krävas.



Figur 43. Profil över del av Kolmårdstunneln (km 100+800 – km 102+000). Skiren ligger sydöst om järnvägen och som närmst cirka 100 meter från spårlinjen i plan.

Permanent grundvattenbortledning krävs för spårtunnel och servicetunnel. Vid de sista 50 metrarna går en mindre del av arbetstunnel Persdal norr om spårtunneln. Arbetstunneln beskrivs i avsnittet nedan (G098-001E).

G098-001E Grundvattenbortledning km 101+800 – km 102+720

Järnvägen går i denna del av bergtunneln under E4 med tämligen begränsad bergtäckning, se Figur 44. För att säkerställa bergtäckning vid passagen ska sonderingsborrning utföras framför tunneln, i tak och anfang. Det finns en överhängande risk att delar av berggrunden är att betrakta som löskärna och att verklig bergtäckning inte stämmer överens med tolkad bergyta. Under E4 bedöms grundvattentrycket preliminärt vara cirka 35 meter vattenpelare på tunnelbotten (4 bar).

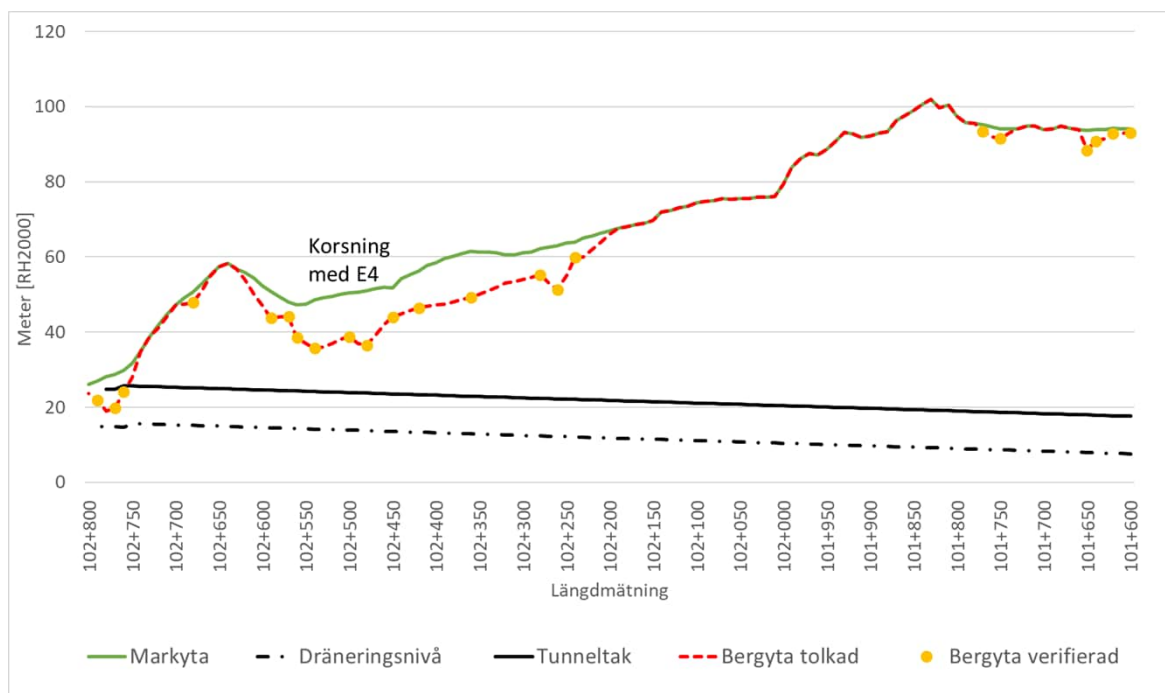
Bergschakt för spårtunneln ska mellan km 102+400 – km 102+600 föregås av försondering för att bestämma bergtäckning. Bergtäckningen ska verifieras från tunnelfront med minst tre borrhål i tak och anfang. Ett horisontellt kärnborrhål borrar från stuff för att bedöma bergförhållanden under passagen av E4. Baserat på data från kärnborrhål och sonderingsborrning upprättas drivnings- och förstärkningsförfarande för att säkerställa bergschakten.

Passage av E4 ska förstärkas med grov rörspiling och lastbärande lining, som inte är tät i sulan. Utgångspunkten ska vara att injektera enligt typinjektering. Eventuellt behöver geometrin för injekteringsskärm anpassas med avseende på bergtäckningen och förstärkningen vid passagen. Exempelvis ska sticket i injekteringsskärmen vara större än vad rörspilingen sticker ut.

Ett ventilationsschakt på cirka 2 kvadratmeter utförs vid Persdal i km 102+388. Ventilationsschaktet utförs som ett vertikalschakt (se avsnitt 5.1.5) mellan markyta och en nisch till servicetunneln. Höjden på ventilationsschakt blir cirka 40 meter. Schaktet kommer genom injektering att tätas.

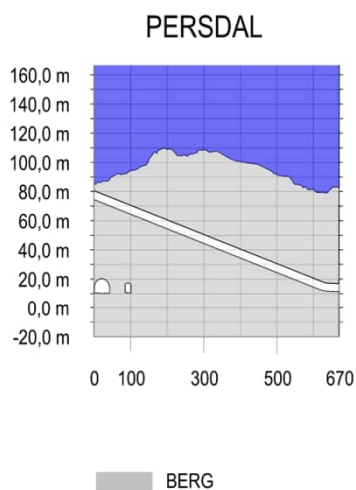
Där bergtunneln anläggs djupare än 50 meter i berget, mellan cirka km 101+800 och km 102+220, bedöms berget vara så pass tätt att det inte finns ett injekteringsbehov. Mellan km 102+220 och km 102+720 kommer berget att injekteras för att reducera mängden inläckande vatten. Berget tätas med

ambitionen att uppnå en täthetsgrad motsvarande en hydraulisk konduktivitet om $1 \cdot 10^{-8}$ m/s. Dock förekommer det prognostiserade sprickzoner på sträckan där injektering bedöms krävas.

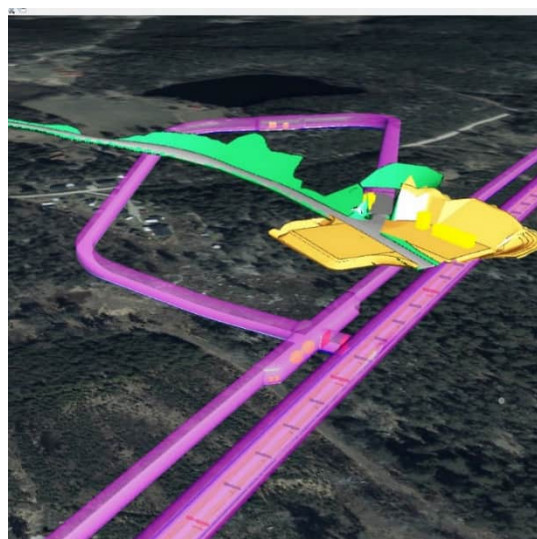


Figur 44. Profil över del av Kolmårdstunneln (km 101+600 – km 102+800).

Arbetstunneln vid Persdal går norr om spårtunneln och blir cirka 703 meter lång med lutning cirka -10%, se Figur 45 och Figur 46. Arbetstunneln planeras att användas som tillfartstunnel till servicetunneln och behålls som insatsväg i driftskede. Tunneln mynnar ovanför spårtunneln vid cirka km 102+000 i berg i dagen och får bergslänter.



Figur 45. Profil över arbetstunneln Persdal.



Figur 46. Modell över arbetstunneln Persdal, se även Figur 27. Rosa är ny bergtunnel och grönt/gult är markarbeten.

Där arbetstunneln anläggs med en bergtäckning som är mindre än 50 meter bedöms berget behöva injekteras för att reducera mängden inläckande vatten. Berget tätas med ambitionen att uppnå en täthetsgrad motsvarande en hydraulisk konduktivitet om $1 \cdot 10^{-8}$ m/s. Där arbetstunneln anläggs med mäktigare bergtäckning än 50 meter bedöms berget vara så pass tätt att injektering inte bedöms krävas.

Permanent grundvattenbortledning krävs för spårtunneln, servicetunneln, ventilationsschaktet samt för arbetstunnel vid Persdal.

8.2.5. G102-001 Grundvattenbortledning km 102+720 – km 102+910

Tunnelpåslaget vid Kolmårdsbranten är tekniskt komplicerat med kritisk närhet till E4. Bergtunneln övergår till betongtunnel vid km 102+720 och betongtunneln fortsätter fram till km 102+815. Järnvägen övergår från skärning till bank vid cirka km 102+910. Bergytan vid skärningen täcks av jord vilket gör att det blir en kombinerad jord- och bergskärning. Jorddjupet uppgår som mest till cirka 9 meter, se Figur 47. Grundvattentrycket mot tunnelbotten varierar men är cirka 25-30 meter vattenpelare (2,5-3 bar) där bergtunneln övergår till betongtunnel. Permanent grundvattenbortledning krävs för tunnelpåslaget.

Mellan km 102+640 och km 102+750 är ett antal bergytor med olika nivåer synliga i terrängen. Markytan har formats i en trappstegsliknande formation till följd av det underliggande berget och dess struktur. Trappstegsformationerna kan medföra att tunnelpåslagets läge kan komma att justeras längs med spårlinjen för att nå erforderlig bergtäckning. Justeringen görs vid dålig bergtäckning inåt mot berget vilket resulterar i längre betongtunnel. Området mellan bergtrappstegen utgörs av en siltig eller lerig sandmorän med en mäktighet upp till cirka 10 meter. Moränen är delvis sten- och blockrik i markytan. Markytan lutar kraftigt åt sydväst från +58 vid km 102+640 till +30 vid km 102+750. Från km 102+750 och framåt består naturligt lagrad jord av sandig morän med en mäktighet upp till cirka 10 meter. Moränen vilar på berg. Från km 102+750 och fram till km 102+910 lutar marken mot sydost.

Betongtunneln anläggs med öppen botten (se utförandebeskrivning i avsnitt 4.3) och grundläggs på makadambädd ovan berg eller fast ostörd naturligt lagrad jord. Inläckande grundvatten dräneras bort från tunnelbotten. Anslutningar mellan betongtunnel och bergtunnel ska tätas för att förhindra inläckage av vatten till bergtunneln.

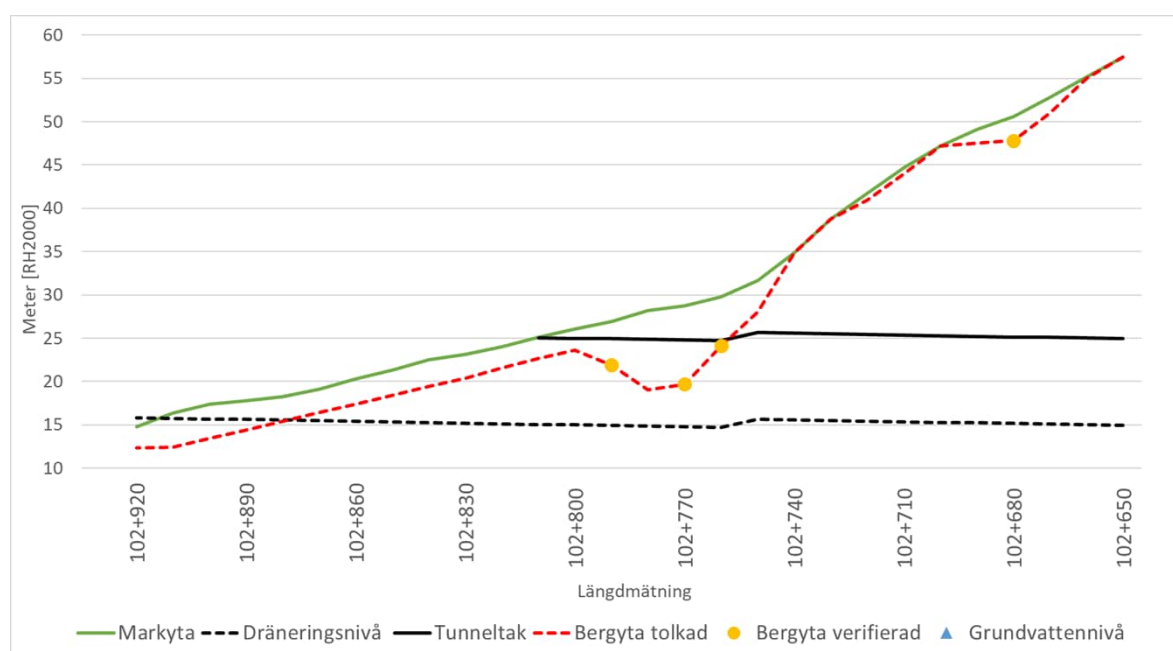
Rådande markförhållanden vid respektive tunnelpåslag styr betongtunnelnars längd. Dräneringsnivån varierar mellan cirka +15 till +16 meter, med ett skärningsdjup på som mest cirka 13 meter. Dräneringsnivån kommer vara permanent och påverkan förväntas inte skilja sig mellan bygg- och driftskede.

Förskärningen till tunnelpåslaget går i jord- och bergskärning i område där artesiska grundvattentrycknivåer förekommer trots avsaknaden av tätande lerskikt. Markytan och bergöverytan lutar kraftigt uppåt mot nordöst, norr och nordväst. Det finns ett synligt grundvattenläckage i slänten. Grundvattnets tryck ligger över eller i marknivå och måttliga vattenmängder kan väntas vid schaktning i dessa jordmassor. På grund av stora höjdskillnader inom magasinet sker påfyllnad till schakt med högt tryck. En viss dränerande effekt kan ske i E4:s dräneringslager, som delvis skärmar av tunnelmynningen från resterande grundvattenmagasin. Området är en del av inströmningsområde för undre grundvattenmagasin på Malmölandet. Befintlig E4 ligger på bank parallellt med den planerade järnvägen. Vägbankens högsta höjd är 11 meter över

markytan. Permanenta jordslänter från befintlig E4 mot järnväg erfordrar geotekniska förstärkningsåtgärder. Detta utförs med stödfyllning genom att skifta ut naturligt lagrad jord mot krossad sprängsten med en lagertjocklek om max 6,5 meter. För att förhindra transport av finkornig jord erfordras ett omvänt filter mellan naturligt lagrad jord och stödfyllning. Schakt och återfyllning utförs etappvis. Stödfyllningen dränerar slänten och grundvattnet samlas inte upp utan det rinner över bergytan och bergskärningen och vidare i järnvägsdiket.

Ytvatten från omgivande mark ska förhindras från att rinna in till bergtunneln under bygg- och driftskedet. Detta uppnås genom att förskärningen innan bergtunnelpåslaget är utformad med en lutning bort ifrån tunnelpåslaget. Järnvägsdikena och dräneringen har en sydlig riktning i cirka 100 meter fram till ett ledningssystem som avleder vattnet till nytt dike som slutligen släpper till befintligt dike.

Byggmetod för skärningen beskrivs i avsnitt 5.1.4 och utformning i avsnitt 4.2.



Figur 47. Profil över det södra tunnelpåslaget (km 102+650 – km 102+920).

8.2.6. G102-002 Grundvattenbortledning km 102+750 – km 102+920

På åkermarken norr om Nyköpingsvägen planeras anläggandet av en fördröjningsdamm med tillhörande VA-ledningar för omhändertagande av länshållningsvatten från Kolmårdstunneln, se Figur 48.

Marken utgörs till största del av postglacial lera och sand inom området och marknivåerna faller från cirka +7,5 meter till +3 meter. Marken kring Nyköpingsvägen vidare i östlig riktning består av gyttejlera. Artesiskt grundvattentryck har konstaterats i undersökningar som gjorts i närområdet.

Fördröjningsdammens ändamål är att magasinera länshållningsvatten från Kolmårdstunneln under den tid som befintlig ledning till avloppsreningsverket Slottshagen går full. VA-ledning mellan fördröjningsdamm till befintlig ledning till avloppsreningsverket (rakt söderut från fördröjningsdammen) läggs cirka en och en halv meter under markytan. Och för detta krävs tillfällig

grundvattenbortledning. Ledningsgravarna ska ställvis tätas med bentonitblandad sand (strömningsavskärande barriärer).

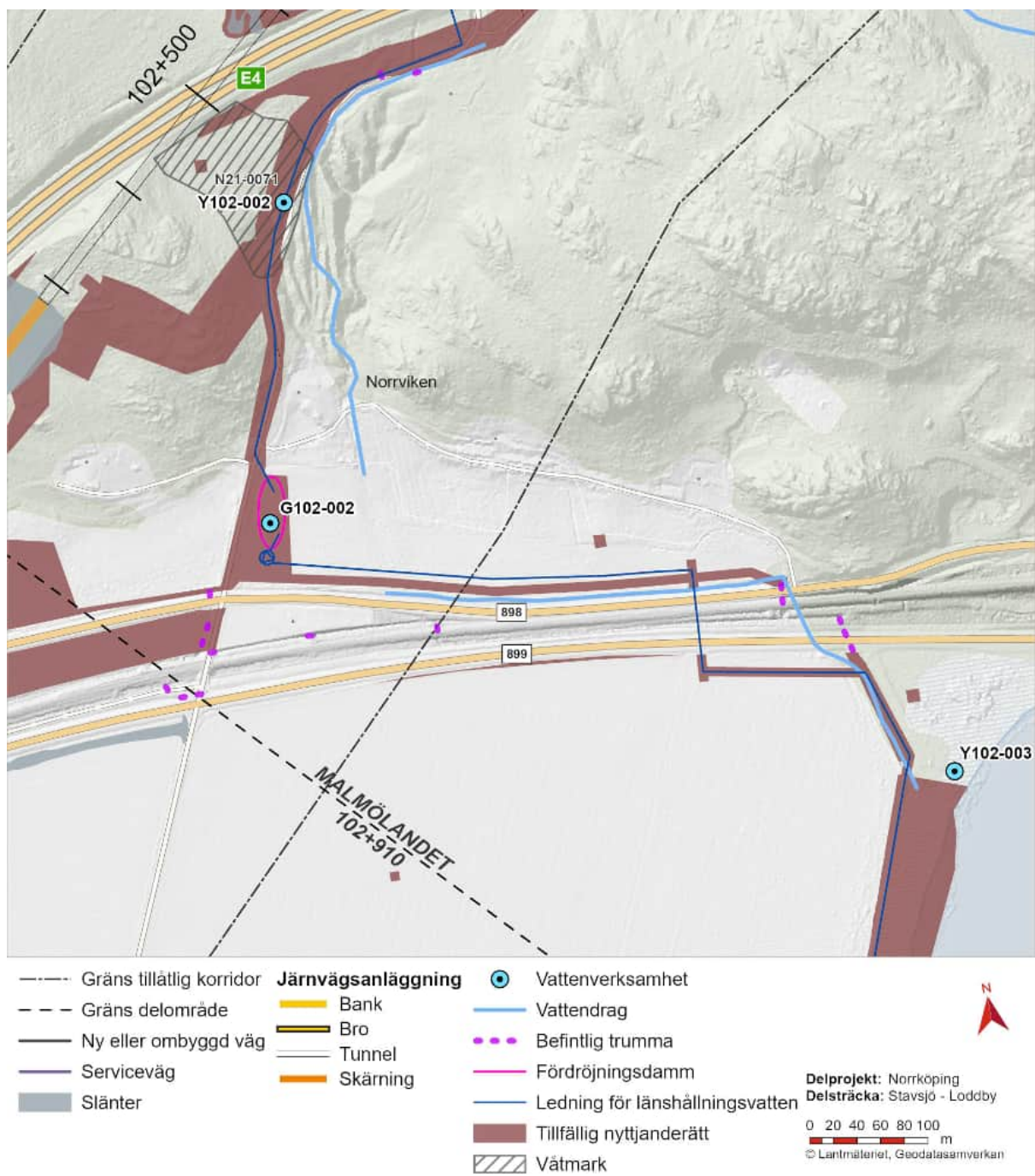
När ledningen har flödestoppar kommer inget länshållningsvatten att pumpas från fördröjningsdammen till avloppsreningsverket Slottshagen. I stället kommer länshållningsvattnet fyllas upp i fördröjningsdammen, som blir i form av en expanderad pumpsump tills dess att flödestoppen avtar och länshållningsvattnet kan pumpas ut i ledningen till avloppsreningsverket igen.

Dammen föreslås byggas upp med vallar för att minimera schaktdjupet, men det kan inte uteslutas att åtgärder kommer att krävas som exempelvis mothållande fyllning i dammbotten eller temporär grundvattensänkning.

När fördröjningsdammen är full bräddas länshållningsvattnet i ledning vidare i östlig riktning till Norrviken för att undvika produktionsstopp. Mellan fördröjningsdammen och Norrviken kommer en VA-ledning att läggas parallellt med Nyköpingsvägen. Ledningen läggs cirka en och en halv meter under markytan. Och för detta krävs tillfällig grundvattenbortledning. Ledningsgravarna ska ställvis tätas med bentonitblandad sand (strömningsavskärande barriärer). I byggskedet kommer vattnet att ledas till makadambädd (se avsnitt 8.1.7 (Y102-003)).

Efter att byggnationen av tunneln är klar kommer det vatten som uppstår i Kolmårdstunneln enbart bestå av inläckande grundvatten. Samtliga dräneringsledningar i servicetunnlar och huvudtunneln följer järnvägens geometri ner mot lågpunkten (i höjd med Getåravinen) där det avleds mot tunnelns pumpgrop. Därifrån pumpas grundvattnet via servicetunneln till tunnelmynningen i Persdal. Därifrån leds det vidare söderut i samma ledning som används under byggskedet. Motsvarande ledning bredvid Nyköpingsvägen återanvänds. Ledningen för driftskedet förlängs dock cirka 80 meter i östlig riktning förbi byggskedets passage under väg och järnväg. Utlopp sker i anslutning till befintlig stentrumma bredvid Nyköpingsvägen.

Förutom avledning till Norrviken kommer även inläckande vatten i tunneln under driftskedet att återföras till Getåbäcken och Rödmossebäcken (se avsnitt 8.1.3 (Y099-003) och 8.1.4 (Y099-004)).



Figur 48. Födröjningsdamm med tillhörande VA-ledningar mot Norrviken.

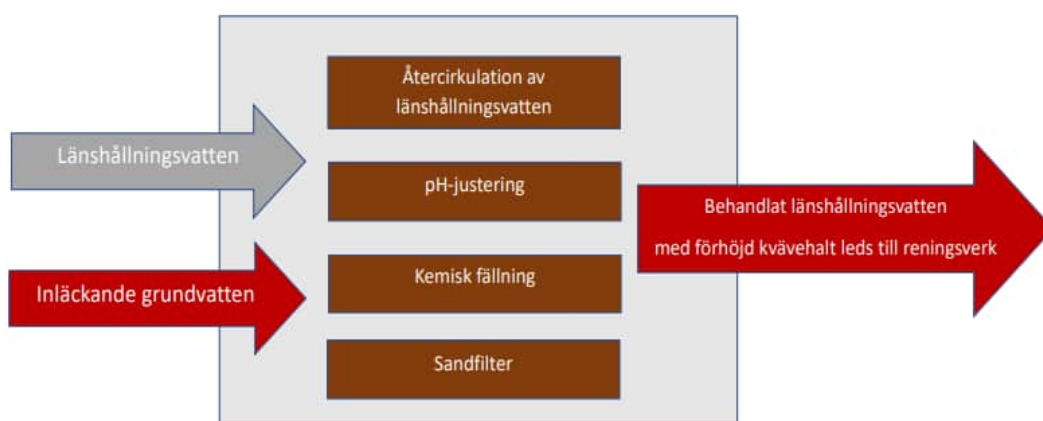
9. Vattenhantering i bygg- och driftskede

Det grundvatten som behöver ledas bort från arbetsområdet under byggskedet kommer blandas med annat vatten och kallas sammantaget för länshållningsvatten. Länshållningsvatten kan bestå av nederbörd, dagvatten från omgivningen, dräneringsvatten och processvatten (vatten som tillförs och nyttjas i anläggningsarbetet).

9.1. Länshållningsvatten från tunneln

Tunneldrivningen ger under byggskedet upphov till ett länshållningsvatten med höga halter av kväveföreningar som härstammar från sprängmedel. Länshållningsvattnet kommer därför i första hand ledas till kommunens avloppsreningsverk Slottshagen.

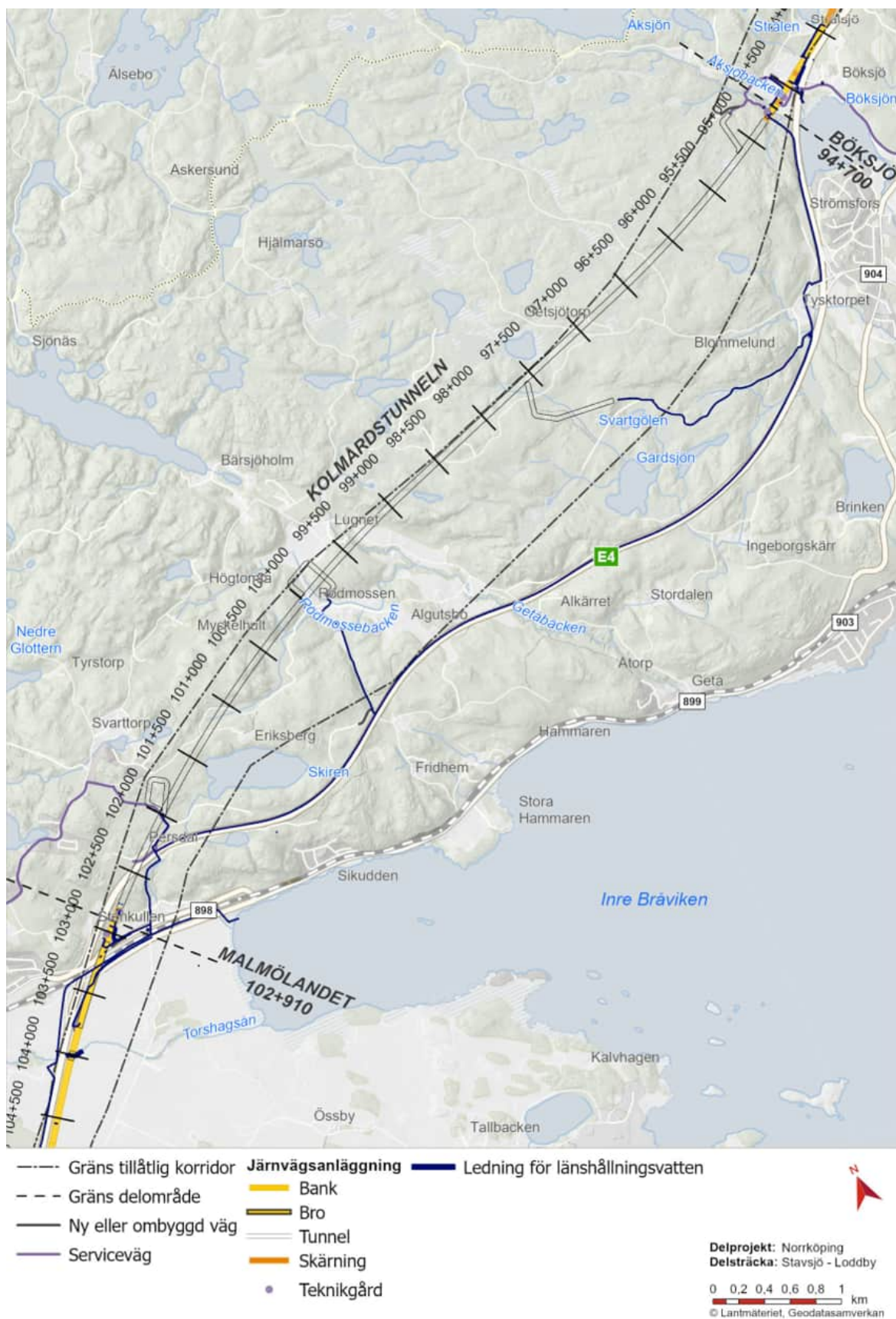
Anläggandet av tunneln genom Kolmårdsberget kommer ske från det norra tunnelpåslaget, södra tunnelpåslaget och från tre arbetstunnlar. Inom produktionsytorna vid Böksjön, Svartgölen, Rödmosen och Persdal kommer länshållningsvatten att renas från suspenderat material och olja samt pH-justeras innan vattnet antingen recirkuleras eller avleds till reningsverket.



Figur 49. Illustration av vattenhantering som planeras på produktionsytorna.

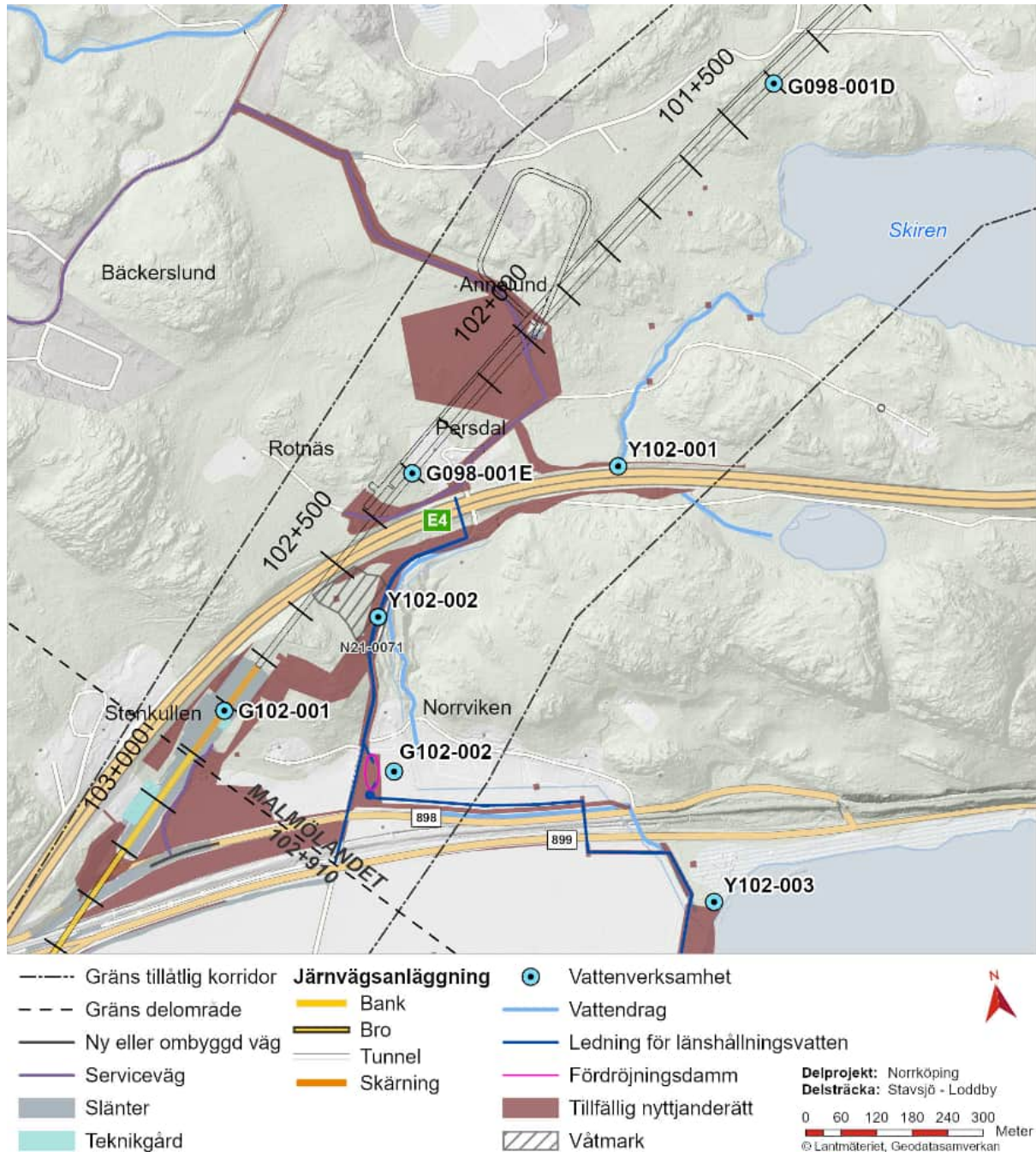
Det länshållningsvatten som avleds från respektive tunnel kommer ledas via ledningar till Persdal. Ledningarna kommer förläggas inom vägområdet till E4. Tryckavloppsledningar är tillfälliga ledningar som kommer att förläggas ytligt (cirka 0,5 meter under markytan), alternativt vid ytligt berg.

För att begränsa mängden vatten som bräddas kommer en fördröjningsdamm att anläggas (G102-002). Om behov av bräddning uppstår kommer det bräddade vattnet att spridas ut via en makadambädd vid Norrvikens strand (Y102-003) varifrån vattnet rinner till recipienten.



Figur 50. Översikt över ledningsanläggningen för hantering av länshållningsvatten från tunneln under byggskedet.

Från Persdal förläggs ledningen under E4. Därefter läggs ledningen i befintlig vägs västra sida, förbi fastighet 3:8 Villa Skoga, tills den når den öppna åkermarken norr om Nyköpingsvägen där fördröjningsdammen anläggs. Det finns utrymme inom området för att anlägga en damm som rymmer upp till 1000 m³.



Figur 51. Lösning för länshållningsvatten med utsläpp mot Nodra och Norrviken.

Utløpsledningen (G102-002) från dammen förläggs parallellt och vid sidan om Nyköpingsvägen. Ledningen föreslås placerats på ett sådant avstånd från befintlig väg- och järnvägsbank att schakt kan utföras till frostfritt djup utan restriktioner för utförandet avseende bankarnas stabilitet.

Passagen under befintliga vägar och järnväg kan utföras med schaktfri metod. Ledning förläggs i skyddsrör med en avstängningsventil på trycksidan om järnvägen.

På sydsidan om Strandvägen förläggs ledningen parallellt med vägen en sträcka av 90 meter.

Bräddledningen viker därefter av mot makadambädd placerad längsmed befintlig jordvall vid Norrvikens strand (Y102-003). Vallen av makadam anläggs för att fördela länshållningsvatten som släpps ut vid bräddning. I anslutning till makadambädden övergår den täta bräddledningen till spridarrör.

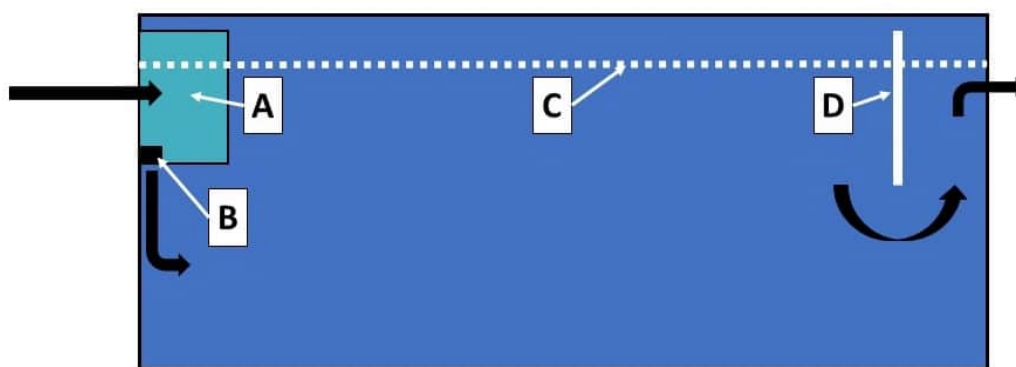
9.2. Länshållningsvatten från skärningar och schakt

Grundvattenbortledning kommer ske vid skärningar och schakter norr och söder om tunneln när dess dräneringsnivåer ligger lägre än förekommande grundvattennivåer (G094-002 och G102-001). Det grundvatten som behöver ledas bort från arbetsområdet under byggskedet kommer blandas med annat vatten och kallas för länshållningsvatten.

Länshållningsvatten kan under byggskedet behöva renas med avseende på suspenderade ämnen och olja samt pH-justeras. Om rening är nödvändig, kommer den alltid att bestå av olje- och slamavskiljning. Slamavskiljning reducerar suspenderat material. Vanligtvis binds en stor del av eventuella föroreningar som kan finnas till partiklarna och avskiljs därmed genom sedimentation.

Även oljeföroreningar uppvisar en stark korrelation till det suspenderade materialet, men kan också förekomma i fri form på vattenytan. Fria oljerester hanteras genom avskiljning på ytan, oljeavskiljning, vilket görs genom att vattnet pressas under en avskiljande del (D i Figur 52 och ytfilmen blir kvar. Oljerester kan då tas om hand i den större sedimenteringsdelen. Se Figur 52 för en schematisk illustration av en sedimenteringscontainer.

Reningen kan också behöva kompletteras med pH-neutralisering, till exempel om länshållningsvatten kommer i kontakt med cement och betong. Ett förhöjt pH neutraliseras genom kontrollerad tillsats av syra.



Figur 52. Schematisk översikt av en möjlig sedimenteringscontainer sett från sidan. Inloppslåda (A), spalt för fördelning av vatten (B), högsta vattenyta (C) och plåt för oljeavskiljning (D).

De vattenbehandlingsanläggningar som planeras vid skärningar och schakter är temporära och kan flyttas efter behov under byggtiden. Detaljplanering av vattenbehandlingsanläggningar ska utföras av entreprenören innan arbetena startar. Slam från behandlingsanläggningarna omhändertas.

Länshållningsvatten som pumpas från skärningar och schakter kan oftast släppas ut direkt på marken i tillfällig damm eller i befintliga diken på en lämplig plats inom arbetsområdet och tillåtas infiltrera i marken. Om länshållningsvattnet släpps ut i eller i anslutning till närliggande recipient kan rening i en vattenbehandlingsanläggning krävas.

Förskärningarna är utformade med en lutning bort ifrån tunnelpåslaget, det vill säga åt motsatt håll som spårgeometrin är in till tunneln, för att begränsa vattnet från omgivande mark som leds ner i betongtunnlarna under byggskedet. I Tabell 8 nedan redovisas recipienter för länshållningsvatten i byggskedet för olika skärningar. Själva skärningarna utgör arbetsområden. Hantering av länshållningsvatten från schakter vid broar följer samma princip men har inte identifierats i Tabell 8. Utsläppspunkterna för länshållningsvatten kan ses i Figur 30.

Inläckande grundvatten till färdig anläggning, dräneringsvatten, avleds tillsammans med det dagvatten som uppstår vid nederbörd. Det kan infiltreras eller ledas till recipient utan föregående rening. Recipienter för dräneringsvatten i driftskedet redovisas också i Tabell 8.

Tabell 8. Recipienter per arbetsområde för både bygg- och driftskede.

Skärning, vattenverksamhets- -ID	Avsnitt i Teknisk beskrivning	Recipient byggskede	Recipient driftskede	Ansökansdel
Skärning norra tunnelpåslaget, G094-002	7.2.3	Åksjöbäcken (Böksjön)	Åksjöbäcken (Böksjön)	km 94+730 – km 94+860
Skärning södra tunnelpåslaget, G102-001	7.2.5	Norrviken	Norrviken	km 102+780 – km 102+910

Referenser

Trafikverket, 2017. Råd Avvattnings teknisk dimensionering och utformning – MB 310. TDOK 2014:0051 version 3.0.



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 172 90 Sundbyberg. Besöksadress: Solna Strandväg 98
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

www.trafikverket.se