

Teknisk Beskrivning, kap 9

Stockholm Vatten VA AB

Stockholms Framtida Avloppsrening Avloppstunneln

Stockholm 2015-06-15

Stockholms Framtida Avloppsrening Avloppstunneln

Teknisk Beskrivning, kap 9

Datum 2015-06-15

Diarienummer 13SV150

Jan Salomonson

Uppdragsledare

Lisa Fernius / Filip Linders

Handläggare

Wollmar Hintze

Granskare

Uppdragsnummer 1320000111

Ramböll Sverige AB
Box 17009, Krukmakargatan 21
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se, Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Syfte	5
2.	Läsanvisningar	5
3.	Avgränsningar	6
4.	Projektövergripande beskrivning	7
4.1	Inledning	7
4.2	VA-tekniska förutsättningar	8
4.2.1	Upptagningsområden	8
4.2.2	Anslutningspunkter till den planerade avloppstunneln	10
4.2.3	Bräddning	11
4.2.4	Dimensionerande flöden	12
4.3	Allmänna förutsättningar	13
4.3.1	Geologisk och hydrogeologisk beskrivning	13
4.3.2	Befintliga undermarksanläggningar	16
4.3.3	Förorenade områden	16
4.3.4	Transport och trafik	17
4.4	Genomförandenaspekter	18
4.4.1	Allmänt genomförande	18
4.4.2	Drivningsteknik	20
4.4.3	Tätning	23
4.4.4	Vattenhantering	24
4.4.5	Sträckningsöversikt med särskilda motiv	24
4.4.6	Motiv till huvudtunnelns tvärsnittsarea	26
4.4.7	Masshantering och transporter	27
4.4.8	Vatten- och energiåtgång	28
4.4.9	Material och produkter	29
5.	Detaljerad beskrivning av utformning och utförande	33
5.1	Anläggningsbeskrivning	33
5.1.1	Huvudtunneln	34
5.1.2	Anslutningar till tunneln	35
5.1.3	Mälarpassagen	37
5.1.4	Anordningar vid Smedslätten samt Mälarpassagens dräneringspumpstation	38
5.1.5	Ventilationsanläggningar	40
5.1.6	Påslag samt arbets-/servicetunnlar	42
5.1.7	Utrymningsschakt	50
5.2	Byggskedet	51

5.2.1	Övergripande arbetsgång.....	52
5.2.2	Arbets-/servicetunnlar och huvudtunnel	55
5.2.3	Mälarpassagen	56
5.2.4	Spolmagasin Smedslätten	56
5.2.5	Utrymningsschakt.....	57
5.2.6	Arbetsområde och etableringsområde vid påslag	57
5.2.7	Mindre arbetsområden	59
5.2.8	Byggtransporter	63
6.	Projektövergripande miljöeffekter	82
6.1	Buller	82
6.1.1	Buller i driftskedet	82
6.1.2	Buller i byggskedet	82
6.2	Vibrationer och luftstöt vågor vid sprängning och markarbeten	107
6.2.1	Bakgrund.....	107
6.2.2	Utförd riskanalys	107
6.2.3	Syneförrättning, uppföljning, kontroll.....	108
6.2.4	Sammanfattning av påverkan från vibrationer och luftstöt vågor	108
6.3	Vibrationer från byggtransporter	109
6.4	Stomljud.....	110
6.4.1	Bakgrund.....	110
6.4.2	Sammanfattning påverkan från stomljud	110
6.5	Luft, lukt och smitta.....	111
6.5.1	Befintliga förhållanden.....	111
6.5.2	Luftföroreningar i byggskedet	112
6.5.3	Driftskede	112
6.5.4	Damning	113
6.6	Vatten	113
6.6.1	Grundvatten	113
6.6.2	Processvatten	114
6.7	Avfall under byggskedet	114
7.	Bilagor	115
8.	Referenser	115

1. Syfte

Syftet med föreliggande tekniska beskrivning (TB) är att utgöra erforderligt tekniskt underlag till Mark- och miljödomstolens prövning av den miljöfarliga verksamheten, enligt kap 9 miljöbalken (MB), som följer av anläggandet, idrifttagandet och driften av den avloppstunnel som skall sträcka sig mellan nuvarande Bromma avloppsreningsverk och planerad pumpstation i Sickla.

2. Läsanvisningar

Denna tekniska beskrivning utgör underlag för miljödomstolens prövning avseende 9 kap miljöfarlig verksamhet, miljöbalken, som följer av anläggande och idrifttagande och driften av den planerade avloppstunneln. Jämsides denna tekniska beskrivning redovisas ytterligare tekniska beskrivningar för miljödomstolens prövning av Stockholm Vatten:s projekt "Stockholms nya avloppsrening":

- Teknisk beskrivning av Henriksdals reningsverk för tillståndsansökan enligt 9 kapitlet miljöbalken
- Teknisk beskrivning avseende 11 kap vattenverksamhet, miljöbalken, för anläggande av ny utloppsledning vid Henriksdals avloppsreningsverk
- Teknisk beskrivning bortledning av grundvatten för tunnel och anläggning i Sickla
- Teknisk beskrivning Spillvattenförande avloppsledningsnät

Den miljökonsekvensbeskrivning (MKB) som inlämnas till miljödomstolen för domstolens prövning av verksamheten omfattar samtliga, i projektet, uppkomna miljökonsekvenser.

Kapitel 5 i föreliggande TB innehåller en beskrivning av den planerade tunneln mellan nuvarande Bromma avloppsreningsverk och pumpstationen i Sicklaanläggningen, inklusive anslutningspunkter och vald sträckning.

För att få en helhetsbild över projektets effekter redovisas i kapitel 6 projektövergripande miljöeffekter samt planerade skyddsåtgärder.

3. Avgränsningar

Den tekniska beskrivningen avseende miljöfarlig verksamhet skall beskriva alla de arbeten som är att betrakta som miljöfarlig verksamhet, enl. 9 kap miljöbalken, som följer av anläggandet samt idrifttagandet av avloppstunneln. Denna tekniska beskrivning redovisar även de miljöeffekter som förväntas uppstå som en följd av de planerade arbetena. De miljöeffekter som förväntas uppstå är bl.a. buller, vibrationer och stömljud, luftemissioner, utsläpp av avloppsvatten under byggskedet, generering av avfall samt effekter av nyttjande av kemiska produkter.

Denna tekniska beskrivning avgränsas på det sättet att konsekvenserna med avseende på Stockholm Vattens ledningsnät beskrivs i teknisk beskrivning Spillvattenförande avloppsledningsnät. I Teknisk beskrivning Spillvattenförande avloppsledningsnät redovisas förändringen av ledningsnätets funktion, anslutningspunkter bräddningar m.m. som sker som följd av idrifttagande av avloppstunneln.

Denna tekniska beskrivning avgränsas även såtillvida att de planerade vattenverksamheterna, enligt 11 kap miljöbalken, redovisas i en separat teknisk beskrivning. I den tekniska beskrivningen redovisas bl.a. grundvattenbortledningen och dess miljöeffekter som följd av den planerade tunneln samt för anläggningen i Sickla.

4. Projektövergripande beskrivning

4.1 Inledning

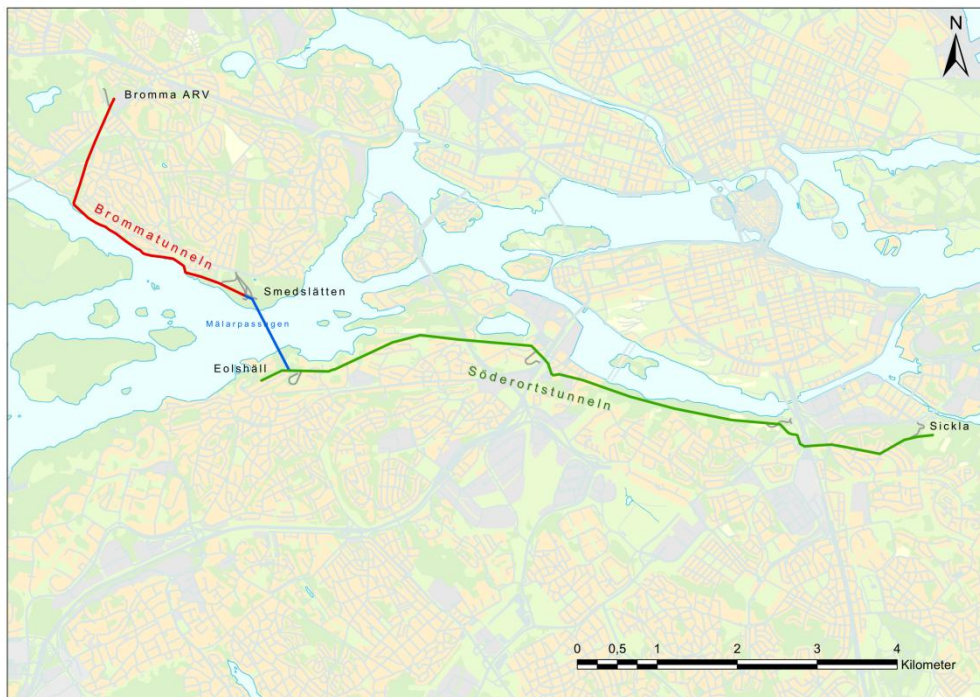
Beslut har tagits om en avveckling av Bromma avloppsreningsverk (ARV) och en omledning av flödet från verkets upptagningsområde till Henriksdals ARV. Med hänsyn till det stora flödet från Bromma kommer avloppsvattnet att ledas i en avloppstunnel i berg. Huvudsyftet med tunneln är att leda spill- och kombinerat vatten, som idag leds till Bromma och Eolshäll, till Sicklaanläggningen. Detta gäller både dagens och framtidens anslutningar till Bromma och Eolshäll. Tunneln dras längs en sträckning som medför möjlighet att ansluta befintliga anläggningar med lägre kapacitet och driftsekonomi till tunneln. Detta gäller framförallt avloppspumpstationer längs sträckan, men även olämpligt belägna befintliga spillvattenledningar.

Den planerade avloppstunneln ska ges möjlighet till en teknisk livslängd på minst 100 år.

Tunneln byggs som en sprängd bergtunnel. Den kommer att ha en tvärsnittsarea på ca 21 m². Längs huvuddelen av sträckan ges tunneln en lutning på ca 1,0 ‰. Bortledandet av vatten i tunneln baseras alltså på självfallsprincipen.

Den planerade tunnelsträckningen framgår översiktligt av Figur 1. Tunneln uppdelas i följande sträckor:

Benämning	Sträcka
Brommatunneln	Bromma ARV - Smedslätten
Mälarpassagen	Smedslätten - Eolshäll
Söderortstunneln	Eolshäll – Sicklaanläggningen



Figur 1. Sträckning och sträckningsuppdelning VA. En större version återfinns i Bilaga D 1. 1.

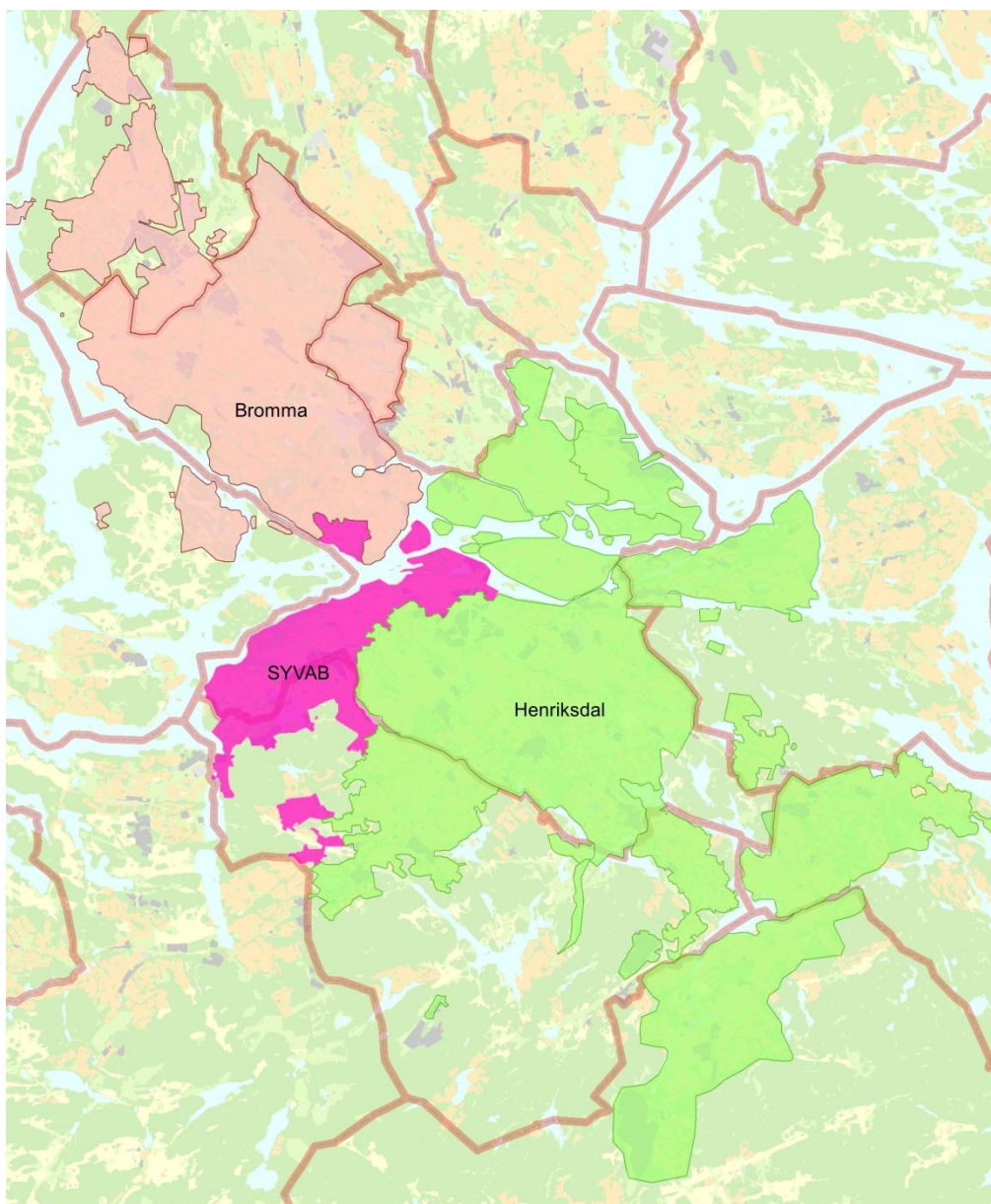
4.2 VA-tekniska förutsättningar

Den planerade avloppstunneln sträcker sig mellan Bromma ARV och Sicklaanläggningen (Figur 1). Sträckningen går under Brommas sydvästra strand, under Mälaren till Eolshäll och österut till Sicklaanläggningen. Sträckan är ungefär 14 km lång exklusive arbets- och servicetunnlar.

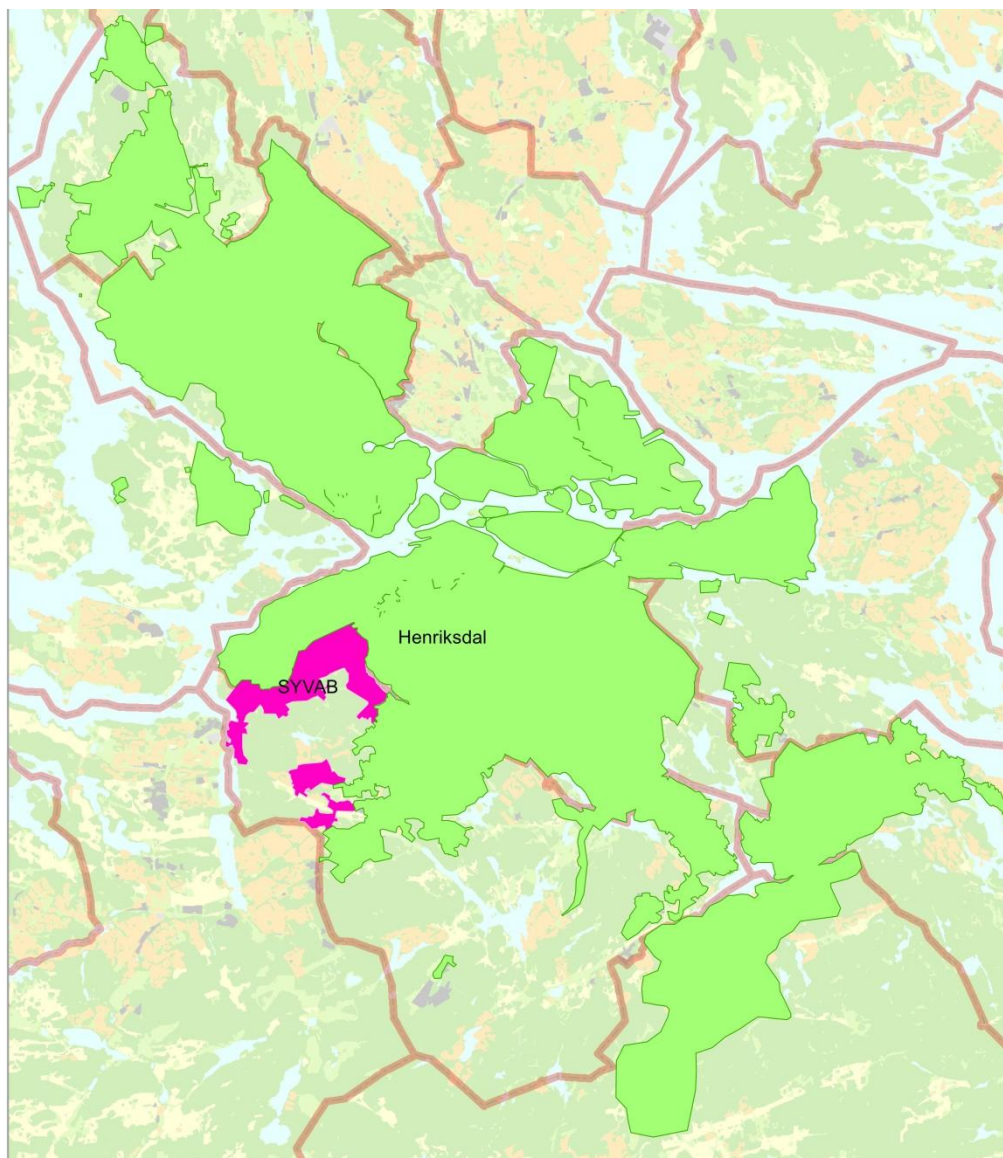
Avloppsvatten som idag ansluter till Bromma ARV skall ledas till Henriksdals ARV. Detsamma gäller för avloppsvatten som idag rinner till Eolshälls pumpstation. Dessutom skall avloppsvatten från upptagningsområden i Stockholms kommun som idag leds till Himmerfjärdsverket, tillhörande SYVAB, i stället ledas till den planerade tunneln.

4.2.1 Upptagningsområden

Befintliga upptagningsområden för Bromma avloppsreningsverk respektive Henriksdals avloppsreningsverk framgår av Figur 2. Efter nedläggning av Bromma ARV och med de anslutningar som redovisas nedan förändras upptagningsområdena. De framtida områdena framgår av Figur 3.



Figur 2. Befintliga upptagningsområden.



Figur 3. Framtida upptagningsområde.

4.2.2 Anslutningspunkter till den planerade avloppstunneln

I detta avsnitt redogörs översiktligt för särskilda, till avloppstunneln anslutande punkter. Anslutningspunkterna redovisas i Bilaga D 1. 3. För en närmare beskrivning av de tekniska lösningarna vid anslutningspunkterna hänvisas till avsnitt 5.1.2. För en mer detaljerad beskrivning av spillvattennätet hänvisas till Teknisk beskrivning Spillvattenförande avloppsledningsnät (bilaga till ansökan).

4.2.2.1 Anslutning Bromma

Avloppsflödena till Bromma ARV sker idag via tre tunnlar, Hässelbytunneln, Riksbytunneln och Järvatunneln.

När avloppstunneln tas i drift kommer den lägst liggande av dessa, Järvatunneln som ligger på nivån ca -27 m, att utgöra startnivå för Brommatunneln. Den befintliga pumpstationen, som idag avslutar Järvatunneln, kommer då att tas ur drift.

4.2.2.2 Anslutning Eolshäll

Avloppsflödet till Eolshäll leds idag till Himmerfjärdsverket via Eolshälls avloppspumpstation. I anslutning till pumpstationen ligger Älvsjö-Mälarmagasinet, som tar emot bräddvatten från ett kombinerat ledningsnät och har en flödesutjämnande funktion. Magasinet är anslutet till pumpstationen. Ett visst, mycket utspätt, flöde från magasinet kan bräddas till Mälaren.

När Brommatunneln tas i drift kommer en anslutning att utföras från pumpstationen till Söderortstunneln, varvid pumpstationen tas ur drift och överföringen till Himmerfjärdsverket avslutas.

4.2.2.3 Bräddtunnel Skanstull

Årstatunneln har idag begränsad kapacitet, som tidvis överskrids. Bräddning sker då till en intilliggande bräddtunnel, som har sitt utlopp vid Skanstullsbron.

För att reducera bräddningen kommer en anslutning att göras från bräddtunneln till Söderortstunneln (som kommer att ligga under bräddtunneln).

4.2.3 Bräddning

Då anslutningarna vid Bromma, Eolshäll och Bräddtunnel Skanstull har utförts kommer bräddningen till Mälaren att reduceras. Vad gäller bräddningspåverkan i övrigt hänvisas till TB Spillvattenförande avloppsledningsnät.

4.2.3.1 Katastrofbräddning

Om pumpstationen vid Sicklaanläggningen, som lyfter vattnet från Söderortstunneln till reningsanläggningen, skulle haverera och förorsaka ett längre pumpstopp kommer tunnelsystemet att fyllas. Bräddning kommer då att ske genom befintliga nödavlopp, som ligger strax över Mälarens vattennivå. Den viktigaste nödbräddpunkten är den vid Sicklaanläggningen. Övriga nödbräddpunkter är följande:

- Järvatunneln på Järvafältet
- Underverket i Sundbyberg vid Bällstaån
- Bromma före detta ARV
- Eolshäll

Dessutom riskeras att översvämningar sker vid lågt belägna anslutningar till tunneln. För en mer detaljerad beskrivning av bräddningar se Teknisk beskrivning Spillvattenförande avloppsledningsnät som är en bilaga till ansökan.

4.2.4 Dimensionerande flöden

Avloppstunneln mellan Bromma och Sicklaanläggningen skall ges en teknisk livslängd på minst 100 år. Detta innebär att följande funktionsmässiga huvudkrav kan ställas:

1. Tunnelns flödeskapacitet mellan Bromma och Sicklaanläggningen skall vara tillräcklig för att undvika återkommande problem med dämning upp till kritiska nivåer.
2. Ventilationen av tunneln mellan dels Bromma och Smedslätten dels Eolshäll och Sicklaanläggningen skall fungera vid normal drift.

Förslaget till dimensionerande flöden har inriktats att gälla Smedslätten (anslutningen till Mälarpassagen) och Sickla. Vid beräkningarna har följande beaktats:

- Vattenförbrukningen uppgår till 200 l/pe (personekvivalenter) och dygn.
- Ökad inläckning med stigande vattennivå i Mälaren med hänsyn till klimatförändringar.
- En klimatkfaktor på 1,2 vad gäller nederbörd.
- Befolkningsökning inom upptagningsområdet fram till år 2040 beräknas uppgå till ca 600 000 pe.
- Befolkningsökningen mellan åren 2040 och 2120 är av naturliga skäl svårbedömd. Det förefaller inte orimligt att ökningen blir dubbelt så stor som ökningen fram till år 2040, d.v.s. ca 1,2 milj. pe. Till detta bör läggas uppskattningsvis ca 0,3 milj. pe till följd av utvidgat upptagningsområde.

Dimensionerande flöden år 2040

Det dimensionerande flödet (dygnsmedelflödet vid sommarregn med återkomsttiden 10 år) blir vid Smedslätten 6,2 m³/s och vid Sickla 10,5 m³/s.

Dimensionerande flöden år 2120

Det dimensionerande flödet (dygnsmedelflödet vid sommarregn med återkomsttiden 10 år) blir vid Smedslätten ca 8 m³/s och vid Sickla ca 12 m³/s enligt ovanstående förutsättningar. Med tanke på den stora osäkerheten

beträffande utvecklingen under så lång tid föreslås att en säkerhetsfaktor på 1,5 väljs. Flödena blir då ca 12 m³/s vid Smedslätten och ca 18 m³/s vid Sickla.

4.3 Allmänna förutsättningar

Nedan beskrivs översiktligt de förutsättningar som tillsammans med VA-förutsättningarna i föregående avsnitt bildar bakgrund för projektet. För en överskådlig bild av tunneln ställd mot dessa samlade förutsättningar och mot de miljöeffekter som bl.a. presenteras i kapitel 6 hänvisas särskilt till sträckningsöversikten och de särskilda motiven i avsnitt 4.4.5.

4.3.1 Geologisk och hydrogeologisk beskrivning

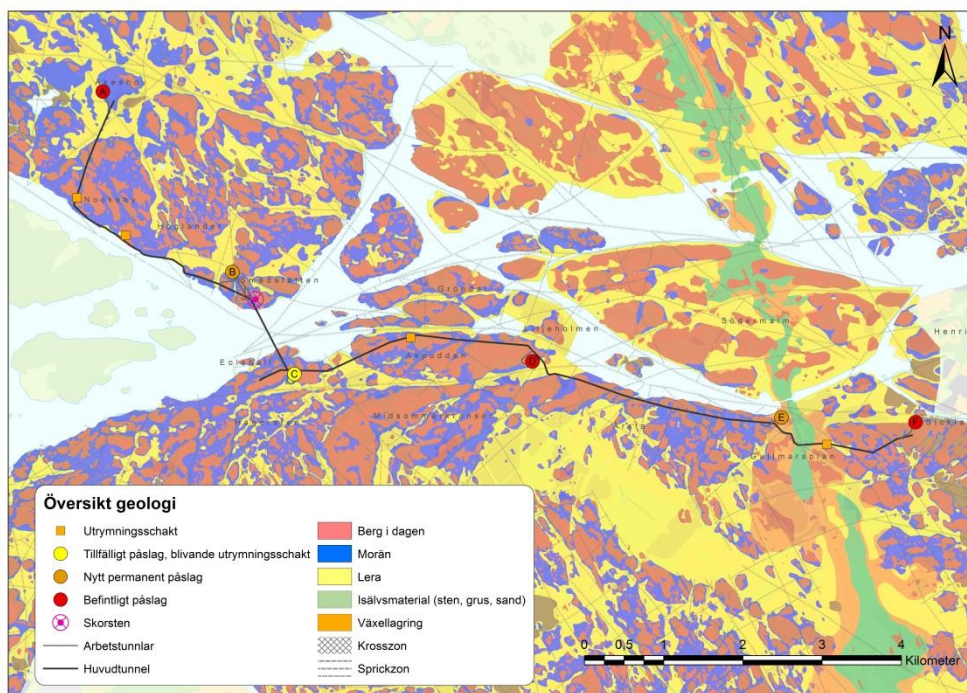
Stockholmsområdet utgörs av ett sprickdalslandskap med stora hällområden. Större morfologiska linjer i terrängen (lineament) genomkorsar hela området. De indikerar förekomst av svaghetszoner i berggrunden och är generellt belägna i terrängens dalgångar. De mest framträdande svaghetszonerna visar sig alltså som lerfyllda dalar och långsträckta sjöar. Bergplintarna mellan svackorna är med stor sannolikhet opåverkade av plastisk eller spröd deformation.

Stockholms berggrund är varierande och domineras av granatförande sedimentådergnejser, granitoider och grönstenar. Svärmar av diabasgångar förekommer också i berggrunden. Det finns tre regionala sprickset – NV, NO och VO – och dessa återfinns även på lokal nivå. Jordlagerföljden består allmänt av morän som är avsatt direkt på berggrunden och som i sin tur på många håll överlagras av lera. Lokalt förekommer svallsediment och organiska jordarter. Stockholm korsas även av stora isälvsavlagringar, som löper i nord-sydlig riktning (se Figur 4) och fungerar som stora grundvattenmagasin.

Grundvattnet i Stockholmsregionen är starkt påverkat. Befintliga tunnlar och andra undermarksanläggningar har inverkan på grundvattennivåer och strömningsriktningar. I tätbebyggda delar är grundvattenbildningen dessutom ofta begränsad eftersom stora ytor täcks av hårdgjorda ytor där nederbörden leds bort via dagvattensystem.

Stockholmsåsen (Brunkebergsåsen) är Stockholm stads enda egentliga betydande grundvattentillgång. Stadens grundvatten fungerar främst som en teknisk resurs som bl. a. grundläggningen av vissa byggnader och anläggningar är beroende av. I de delar som kan komma att beröras av tunnelprojektet är Stockholmsåsen inte intressant som dricksvattenresurs.

Styrande för vattennivån i ett områdes grundvattenmagasin är jordarternas genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet, K [m/s]) samt vattenbalansen, d.v.s. balansen mellan å ena sidan tillskott av grundvatten via nederbörd, tillförsel från omkringliggande områden och läckande ledningar och å andra sidan avgång av grundvatten till intilliggande magasin, dränerande undermarksanläggningar och berggrund.



Figur 4. Tunnelsträckningen på den byggnadsgeologiska kartan över Stockholm. För en större version hänvisas till Bilaga D 1. 4. (Ref. Stockholm Stad)

Grundvatten i kristallint berg förekommer nästan uteslutande i sprickor och sprickzoner och är som dricksvattenresurs endast relevant för enskilda intressenter/brunnar. Ställt i relation till grundvatten i jord är dess betydelse som teknisk resurs också begränsad och det är främst i och med eventuell inverkan på energibrunnar (s.k. bergvärme) som betydelsen är direkt. Indirekt kan dock påverkan på grundvattennivåer i jord ske, varför även helt bergförlagda anläggningar potentiellt kan ge upphov till skador om de utförs på ett olämpligt sätt.

Den hydrauliska konduktiviteten i en kristallin berggrund varierar flera tiopotenser, särskilt om större sprickzoner beaktas, men vanligtvis uppvisar den värden på ca 10^{-9} – 10^{-7} m/s.

4.3.1.1 Bromma ARV – Mälarpassagen

Bromma avloppsreningsverk och de inledande delarna av sträckningen är lokaliserade på och under lerområden med jordmaktigheter på uppemot 20 m. Leran omgärdas av morän och normalt uppsprucket, kristallint berg som på sina håll går i dagen och som uppvisar potentiella svaghetszoner i flera riktningar – särskilt en större, NO-orienterad zon.

Geologin i anslutning till Mälaren domineras ytligt av stora håll- och moränpartier med inslag av lera. De allmänna jorddjupen i lersvackorna är mellan 0 och 10 m. Utöver den potentiella svaghetszon som ligger i sundet mellan Nockeby och Kärsön, stryker ett antal zoner med företrädevis NV orientering genom berggrunden.

De geofysiska och geotekniska undersökningar som har genomförts utmed stranden vittnar om ibland dramatiska bergnivåskiftningar som har varit av betydelse för valet av sträckning (se avsnitt 4.4.5). Berget återfinns i vissa avsnitt på ca -35 m endast 15 m från strandkanten.

Inga åsformationer eller större grundvattenmagasin är identifierade i detta område.

4.3.1.2 Mälarpassagen

Vattendjupen vid passagen Smedslätten – Eolshäll är upp till 35 m. Sjöbotten består överst av löst lagrade sediment med organiskt innehåll. Därefter följer fast lera och längst ner morän. I syfte att beskriva nivåerna för berget genomfördes under sommaren 2013 geofysiska undersökningar i anslutning till den planerade Mälarpassagen samt längs Brommas södra strand. Geotekniska fältundersökningar har också genomförts för att komplettera, verifiera och kalibrera de långsträckta geofysiska undersökningarna och därmed bergnivåerna, men också att ge information om de överlagrande jordlagrens sammansättning och hållfasthet. Sedimentens mäktighet fastställdes då till max 35 m. Ovan tunneln är sedimentpacken ca 20-25 m mäktig. Lerans och moränens mäktighet varierar mellan 5-15 m ovan tunneln.

Bergöverytan i passagen ovan planerad tunnel är ondulerande men nära plan i den centrala delen för att sedan stiga flackt upp mot stränderna. De djup till berg som bestämdes i ovanstående undersökningar har varit styrande för det planerade tunnelläget i såväl plan som profil. I det lägsta partiet ligger bergöverytan på nivå ca -55 till -60 m.

Vid analys av de geofysiska resultaten blir tolkningen att planerad tunnel kommer att korsa tre till fyra svaghetszoner i Mälarpassagen.

4.3.1.3 *Eolshäll – Sicklaanläggningen*

Under Mälarens norra strand och Årstaskogen förläggs planerad tunnel i huvudsak under berg i dagen och fastmarksområden. Ett antal både större och mindre lerpartier förekommer dock i eller i nära anslutning till sträckningen mellan Eolshäll och Sicklaanläggningen; det gäller särskilt i områdena kring Eolshäll/Örnsberg, Vinterviken, Liljeholmen och Årsta Gård.

Tunnelsträckningen löper tvärs under den stora isälvsavlagringen Stockholmsåsen som sträcker ut sig i NS riktning över områdena kring Gullmarsplan. Här är dock tunneln förlagd på stora djup (ca -40 m).

4.3.2 Befintliga undermarksanläggningar

Den planerade tunneln ligger i stora delar under befintliga tunnlar. Dessutom förekommer flera korsande eller närliggande befintliga undermarksanläggningar (ledningstunnlar etc.) på olika nivåer. Utöver hänsyn till dessa anläggningar, som måste tas i diskussionen kring tunnelns potentiella grundvattenpåverkan, har de naturligtvis också haft inverkan på tunnelns planerade sträckning i både plan och profil.

4.3.3 Förorenade områden

Längs hela sträckan för den planerade tunneln har potentiellt förorenade områden identifierats. Utgångspunkt för identifiering av riskområden har varit EBH-stödet, Länsstyrelsens databas över potentiellt förorenade områden i länet. Syftet har varit att kontrollera om potentiellt förorenad jord kan förekomma vid de områden där markarbeten (påslag, utrymningsschakt, ventilation och etableringsytor) planeras. Övriga områden, där tunneln går i berg och där markanspråk inte kommer att ske, bedöms inte påverka eller påverkas av eventuella markföroreningar. En översiktskarta för riskområden i anslutning till hela linjesträckningen återfinns i Bilaga D 1. 5.

4.3.3.1 *Schaktarbeten i jord*

Vid schaktarbeten i de områden som identifierats som potentiellt förorenade områden i Tabell 1 kommer provtagning för klassning av jord att göras innan schaktarbeten påbörjas. Massor som efter provtagning inte uppfyller kraven för återanvändning kommer att transporteras till godkänd mottagningsanläggning.

Vid samtliga schaktarbeten i jord, såväl inom som utanför potentiellt förorenade områden, finns rutiner för att säkerställa att hanteringen av såväl kända förorenade massor som sådana som upptäcks under arbetets gång görs på ett miljöriktigt sätt. Entreprenörens personal kommer att göra löpande okulär kontroll

av massor under schaktarbetena. Eventuell misstanke om förorenade massor ska rapporteras till miljöansvarig i projektet som avgör fortsatt hantering av massorna efter erforderliga analyser.

Tabell 1. Översikt inventering av förorenade områden.

<i>Påslag A</i>	Vid det befintliga påslaget i Åkeshov och på den planerade etableringsytan finns inga identifierade förorenade områden.
<i>Påslag B</i>	Vid det planerade påslaget vid Smedslätten och på den planerade etableringsytan finns inga identifierade förorenade områden.
<i>Påslag C</i>	Vid påslaget vid Eolshäll och inom den planerade etableringsytan finns inga identifierade förorenade områden.
<i>Påslag D</i>	Vid det befintliga påslaget vid Liljeholmen och på den planerade etableringsytan finns inga identifierade förorenade områden.
<i>Påslag E</i>	Strax intill det planerade påslaget vid Gullmarsplan finns ett potentiellt förorenat område: Skanstull Marina. Området har inte klassats och det finns ingen information gällande eventuella markföroreningar men det kan inte uteslutas att marken runt marinan kan vara förorenad.
<i>Påslag F</i>	Vid det befintliga påslagen vid Sicklaanläggningen ligger Hammarbybacken som är en avfallsdeponi med icke farligt och inert avfall. Påslagen och etableringsytorna kommer inte innebära schaktning i de deponerade massorna och Hammarbybacken bedöms därför ej påverka de planerade markarbetena.
<i>Ventilationsskorsten</i>	Vid den planerade ventilationsskorstenen vid Smedslätten finns inga identifierade förorenade områden.
<i>Utrymningsschakt</i>	Vid de planerade utrymningsschakten längs sträckan finns inga identifierade förorenade områden.

4.3.4 Transport och trafik

Trafikkontoret inom Stockholms stad mäter trafikflöden på utvalda platser samt restider längs ett antal definierade rutter inom Stockholms transportnät. Varje år under oktober genomför staden fordonsräkningar. Räkningarna har genomförts under många år och ligger tillgrund för bedömningar nedan.

Rapporten från 2014, som går att nå via stadens hemsida, visar utvecklingen av Stockholmstrafiken under 2013 i fyra olika snitt; Saltsjö Mälarsnittet, Citysnittet, Innerstadssnittet/Trängselsnittet och Regioncentrumsnittet. Över Innerstadssnittet passerade under år 2013 437 000 fordon per dygn och över Citysnittet som är ett mindre område inom Innerstadssnittet passerade 252 000 fordon per dygn. Över Saltsjö Mälarsnittet passerade 310 000 fordon per dygn.

Flest fordon passerade Regioncentrumsnittet, 889 000 fordon per dygn. Regioncentrumsnittet som omfattar alla övriga snitt, bildas av de yttre gränserna av Stockholm stad, Solna och Sundbyberg. Den tunga trafiken uppskattas till 8 % vilket motsvarar drygt 70 000 fordon per dygn. Alla tunnelpåslagen ligger innanför Regioncentrumsnittet men utanför Citysnittet. En stor del av transporter av bergmassor kommer att passera Regioncentrumsnittet. Sett i relationen de 70 000 tunga transporter som passerar Regioncentrumsnittet motsvarar de transporter som genereras av bergmassor för < 0,5 %.

Jämfört med tidigare år ökar trafiken något över Regioncentrumsnittet och Saltsjö Mälarsnittet. Däremot är trafiken nästan oförändrad över Innerstads- och Citysnittet.

Det allmänna vägnätet är indelat i tre bärighetsklasser; bärighetsklass 1 (BK1), bärighetsklass 2 (BK2) och bärighetsklass 3 (BK3).

På BK1-vägar tillåts högre fordonsvikter som bland annat följer EU:s bestämmelser. Hela 95 % av det allmänna vägnätet i Sverige omfattas av BK1. Inom tätort är dock andelen BK1-gator betydligt lägre. För BK1 gäller maximalt 60 tons bruttovikt.

För vägar med klassificeringen BK2 gäller maximalt 51,4 tons bruttovikt. För vägar med klassificeringen BK3 gäller maximalt 37,5 tons bruttovikt. Beroende på fordonets axelavstånd och axeltryck kan tillåten bruttovikt vara betydligt lägre.

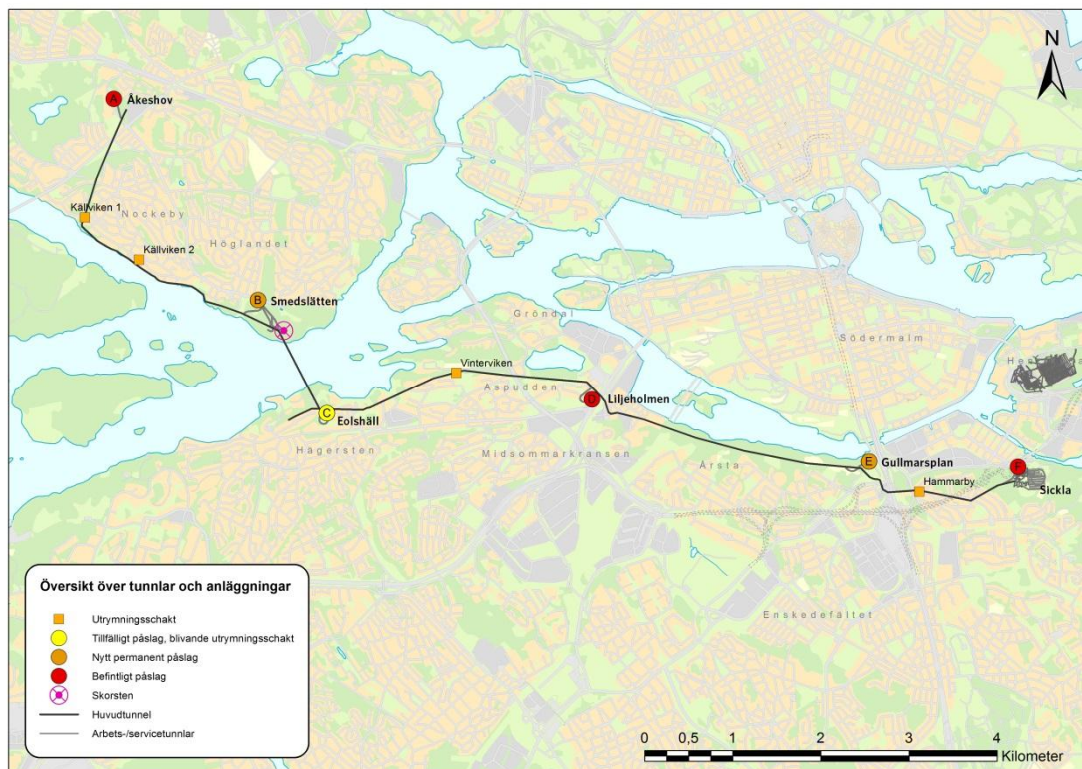
De specifika trafikförutsättningarna vid och omkring respektive påslagsposition presenteras för tydlighets skull tillsammans med den bedömda trafikpåverkan i avsnitt 5.2.8.

4.4 Genomförandenaspekter

Föreliggande avsnitt behandlar projektets övergripande genomförandenaspekter, såsom inriktningen på metodval i tunneldrivningen, allmänna beskrivningar av trafik- och transportsituationen etc.

4.4.1 Allmänt genomförande

Anläggningen av tunneln sker med konventionell teknik, det vill säga med borrhning och sprängning, från sex påslag eller tunnelmynningar, påslagen redovisas i Bilaga D 1. 2 och i Figur 5. I anslutning till dessa påslag kommer arbetsområde och etableringsområden av skiftande storlek att iordningsställas under byggskedet för att sedan återställas i entreprenadarbetets slutskede.



Figur 5 Översikt påslag, utrymningsschakt som når markytan, skorsten, se även Bilaga D 1. 2

De områden som kommer att beröra av ovanjordverksamhet är främst de etableringsområden som kommer att anläggas i anslutning till påslagen. Även vid utrymningsschakt som når markytan, vid skorstenen i Smedslätten och vid anslutningsschakt i Bromma ARV kommer mindre arbetsområden att anläggas.

Tunneldrivningen genererar bergmassor som kommer att transporteras genom de sex påslagen. Därutöver är stomljud och vibrationer kopplade till förborrning respektive sprängning de verksamheter som kommer att vara potentiellt kännbara lokalt i byggskedet. För utförligare beskrivning av anläggningar, särskilda arbeten och miljöeffekter hänvisas till avsnitten 5.1, 5.2 respektive 6.

Tabell 2. Sammanställning av mängder, längder, antal arbets-/servicetunnlar.

Tunnel Bromma – Sickla / Henriksdal	Delmängder
Totallängd huvudtunnel	14 000 m
Volym bergschakt huvudtunnel (inkl. nischer)	~ 355 000 *tfm ³
Antal arbets-/servicetunnlar	8 st
Antal fronter från arbets-/servicetunnlar	10 st
Totallängd arbets-/servicetunnlar	2 600 m
Volym bergschakt arbets-/servicetunnlar	~ 75 000 *tfm ³
Volym bergschakt Smedslätten (spolmagasin och ventilationstunnel)	~ 25 000 *tfm ³
Antal utrymningsschakt	9 st
Volym bergschakt vertikalschakt	~ 5 000 *tfm ³
Total bergschaktvolym	~ 460 000 *tfm ³

*(tfm³ = teoretiskt fasta m³ med förhållande till löst berg: tfm³=1,5vlm³)

4.4.2 Drivningsteknik

4.4.2.1 Alternativ och motiv till val av drivningsteknik

Vid val av drivningsteknik för en tunnel av aktuell typ, dimension och längd erbjuds två möjligheter för projektet: drivning med fullortsborrningsmaskin – s.k. TBM (Tunnel Boring Machines) – eller drivning med konventionell metod, dvs. med borrhning och sprängning. Båda teknikerna har studerats i projektet.

För en TBM-tunnel skulle de dimensionerande förutsättningarna innebära en cirkulär tunnel med diametern ca 5–6 m, dvs. mellan 20–28 m². Drivningshastigheten för en öppen TBM ligger högre än konventionell drivning, men kräver längre startsträcka (förberedande arbeten, upphandling mm). Att utföra kontinuerlig förinjektering från en TBM är vidare komplicerat då det är trångt och mycket svårt att injektera en hel, runtomliggande skärm, vilket minskar drivningshastigheten. Tunneldrivning med TBM skulle medföra miljöpåverkan som i stort är jämförbar med den orsakad av konventionell tunneldrivning. TBM medför i princip ingen vibrationspåverkan medan stomljuspåverkan blir högre, i storleksordningen 10 dB(A) högre än vid konventionell drivning.

Vid tunneldrivning med TBM fordras större arbetsområden då maskinparken är mer utrymmeskrävande. Då TBM nyttjas skulle dock endast 5 påslag behövas (vid nyttjande av tre TBM riggar), men det skulle ändå fordras att utrymningsschakt anlades.

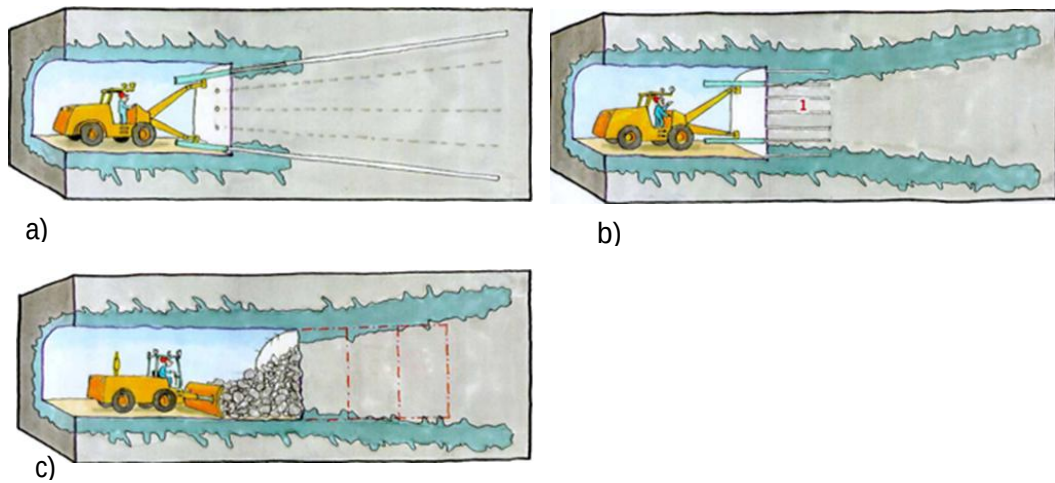
Med konventionell drivningsteknik och maskinpark ligger minsta tunneltvärsnitt mellan ca 15-20 m², förutsatt att inga specialbyggda maskiner används. Det finns möjligheter till variationer i tvärsnitt, t.ex. i Mälarpassagen eller vid behov av lining.

Tre av de tydligaste aspekterna i valet av tunnelsträckning har varit att med anläggandet av tunneln 1) underlätta för anslutning av befintliga VA-system/-installationer och samtidigt 2) minimera skador på t ex energibrunnar 3) minimera miljöpåverkan. Ur det perspektivet gynnas projektet av den flexibilitet i rummet som erbjuds med konventionell drivningsteknik jämfört TBM-tekniken och dess behov av specifika svängradier. Detta, tillsammans med behovet av arbets-/servicetunnlar och evakueringsvägar i driftskedet samt det faktum att Mälarpassagen utifrån givna förutsättningar i varje fall måste drivas konventionellt, utgör de huvudsakliga motiven till att valet av drivningsteknik fallit på borrhning och sprängning (konventionell drivningsteknik). Till dessa motiv kommer också det faktum att restprodukten från TBM-drivning är svåränvänd i andra bygg- och anläggningsprojekt. Restprodukten från TBM är flisig och måste krossas för att kunna användas vilket medför större andel finmaterial, medan sprängstensmassor från konventionell drivning har stor efterfrågan i regionala projekt.

4.4.2.2 Översiktlig beskrivning av konventionell tunneldrivningsteknik

Konventionell drivning är den i Sverige vanligast förekommande metoden och den kan delas in i ett antal moment (se Figur 6).

Första momentet är den kontinuerliga förinjektering som normalt genomförs utefter en tunnels hela längd. Syftet är att med injekteringsbruk täta det närmast omgivande bergets sprickor för att på så sätt minimera inläckage av grundvatten till tunneln. En förinjektering utförs genom ett antal ca 20-25 m långa borrhål framför tunnelfronten. Injekteringshålen är längre än längden för varje salva varför förinjekteringen normalt ingår i var 3-4:e tunneldrivningscykel. Innan salvborrning påbörjas utförs kontroll av utförd injektering som avgör om fullgod täthet uppnåtts.



- a) Förinjektering (utförs ca var 3-4:e cykel om längder på 20-25 m).
b) Salvborrning, ca 5 m/salva
c) Utlastning efter sprängning

Figur 6. Drivningsmoment med konventionell teknik, borrning och sprängning.

Källa Trafikverket.se



Figur 7. Exempel på konventionella drivningsmoment: laddning respektive förstärkning med sprutbetong.

Nästa moment består i borrning av salvhålen. Hålen, och därmed salvlängden, är omkring 5 m i längd för avsedd tunnelarea. Därefter laddas hålen med sprängämne. Laddningen sprängs och tunneln ventileras på spränggaser innan utlastning av bergmassor kan påbörjas. Sista momentet i cykeln är att knacka och bryta ner löst sittande berg, s.k. skrotning. Detta för att säkerställa god arbetsmiljö före utförandet av bergförstärkning. Bergförstärkningen utgör drivningscykelns sista moment och utförs normalt med bultar och sprutbetong i varierande omfattning. I det fall tunneln går in i berg som är betydligt sämre berg kommer stödjande konstruktion att behövas med betonggjutningar, eller ev en betonglining.

4.4.3 Tätning

Med utgångspunkt från den potentiella påverkan tunneln kan komma att få på ovanliggande områden kommer tunneln att tätas. I Teknisk beskrivning bortledning av grundvatten (som är en bilaga till ansökan) beskrivs kraven på täthet.

4.4.3.1 Injektering

Tätningen kring tunneln utförs på olika sätt beroende på tätningskrav och bergets geologiska egenskaper, vilket beskrivs vidare i Teknisk beskrivning bortledning av grundvatten (bilaga till ansökan).

Valet av cementbruk anpassas till bergets egenskaper. Generellt påbörjas injekteringen med ett tunt bruk som tränger in i sprickor med liten sprickvidd. Successivt tjockas sedan bruket på med inblandning av en större andel cement.

Mätning av inläckande grundvatten utförs kontinuerligt. Efterinjektering med cementbruk eller kemiskinjektering utförs efter vattenförlustmätningar i borrhål eller om skadlig grundvattenavsänkning kan påvisas.

Injekteringen kommer att utföras med cementbaserat injekteringsbruk. Injekteringen kan ibland komma att kompletteras med andra godkända kemiska injekteringsmedel för att stoppa större inläckage.

4.4.3.2 Tätning med betonginklädnad - Lining

I vissa områden med höga krav på täthet kan tunneln komma att förses med en inklädnad av betong, s.k. lining. Inklädanden gjuts mot berget och resultatet blir en tät tunnel. För att med bibehållna innermått rymma en betonginklädnad kommer tunneln i dessa områden att sprängas ut med en större tvärsnittsarea. Det slutliga behovet av betonginklädnad bestäms i takt med tunnelutsprängningen.

Erfarenhet från liknande konstruktioner visar att inflödet av en mindre mängd vatten nästan alltid förekommer genom sprickor i direkt anslutning till betongkonstruktionens ränder. Mängden inläckande vatten reduceras genom: 1) Före gjutningen utjämnas den förstärkta bergytan med sprutbetong, 2) mängd armering, 3) korta gjutlängder, 4) betonghårdning med kylning samt 5) efterinjektering av förekommande sprickor och injektering mellan berg och betonggjutning då liningen härdat och krympt färdigt. En annan möjlighet är att förse inklädnaden med ett tätt membran mellan berg och betong. Den slutliga designen av betonginklädnaden bestäms under detaljprojekteringen.

4.4.4 Vattenhantering

Vid drivning av tunneln kommer processvatten att användas. Dessutom kommer grundvatten att läcka in i tunneln. Vattnet kommer att pumpas till respektive påslag där det renas i sedimenteringsanläggning och leds efter provtagning spillvattennätet.

Vid den inledande drivningen av arbetstunnlar pumpas vattnet direkt till sedimenteringsanläggning från fronten av arbetstunneln. Vid drivning av huvudtunneln lyfts eller rinner vattnet först till pumpgropar i anslutning till arbetstunnlarna. Från pumpgroparna lyfts vattnet till markytan vid respektive påslag.

Mängden vatten som förbrukas kommer att mätas. Dessutom kommer den mängd vatten som pumpas ur tunneln att mätas. För att kontrollera mängden inläckande grundvatten kommer dessutom dammkonstruktioner/mätbrunnar att anläggas i tunnarna. Mätbrunnar anläggs vid ett flertal platser längs med tunnelsträckan för att möjliggöra mätning av inläckande grundvatten vid olika delsträckor. För att inte mätning av inläckande grundvatten ska påverkas av processvattenförbrukningen kommer mätning att ske vid stabila flöden t ex under helger.

Vattnet kommer att vara förorenat. Innan vattnet förs till det kommunala avloppsledningsnätet sker provtagning för att verifiera att de krav som Stockholm Vatten ställer uppfylls för påkoppling till det kommunala ledningsnätet. Vattnet behandlas för avskiljning av suspenderat material och olja samt ev pH-justering.

4.4.5 Sträckningsöversikt med särskilda motiv

Den allmänna linjen i valet av planerad tunnelsträckning och påslagslägen har redan från projektstart varit att väga samman tekniska aspekter avseende VA- och bergteknik med miljövärden. Exempelvis är sträckningen anpassad till bergtäckning och befintliga anläggningar och samtidigt också utredd med avseende på sträckningsförkortningar, minimering av nya påslag (genom att nyttja befintliga påslag) och lämplig profil som både tillgodoser tekniska önskemål och medför energibesparingar.

En ambition för projektet har även varit att reducera graden av intrång på privata fastigheter. Bergtunneln anläggs därför längs stora delar av sträckan under befintliga tunnlar. Tunneln ligger också företrädesvis under park- och gatumark (så kallad allmän platsmark i gällande detalj- eller stadsplaner).

För att tillgodose en av Stockholm Vatten fastslagen utrymningsplan kommer sammanlagt nio s.k. utrymningsschakt att etableras längs sträckningen på positioner som säkerställer ett maxavstånd till utrymningsvägar om 1000 m.

I det följande presenteras och motiveras val av sträckning och påslagspositioner. En översikt återfinns i Bilaga D 1. 2.

Tunnelsträckan från påslag A till Källviken

I sträckningens västligaste delar utgår tunneln från det befintliga påslaget A – Åkeshov i närheten av nuvarande Bromma avloppsreningsverk. Med hänsyn tagen till detaljplaner, intrång och energibrunnar förläggs den sedan under företrädesvis park- och gatumark ner till Källviken vid Mälaren. Omgivande områden är emellertid bebyggda, framför allt med enfamiljshus, och på respektive sida om sträckningen finns två utbredda områden som av olika skäl ringats in som potentiellt sättningskänsliga med avseende på grundläggning.

Tunnelsträckan från Källviken till påslag B

Från Källviken mot Smedslätten i sydost dras huvudtunneln i stora stycken djupt (30-60 m) under Mälarens norra strand och Ålstenskogen. Sträckningen är anpassad för att fånga upp VA-anslutningar och för att säkerställa tillräcklig bergtäckning. Avsikten har dessutom varit att minimera sträckningslängden, graden av intrång och påverkan på energibrunnar. Områdena ovan tunneln präglas längs delsträckan av relativt tät bebyggelse bestående av framför allt enfamiljshus. Lerområden med känslig grundläggning och inslag av befintliga sättningskador förekommer längs och invid sträckningen, särskilt i södra Ålsten och på Smedslätten.

Påslag B Smedslätten

För effektivisering i byggskedet och för att uppfylla kraven på service- och utrymningsvägar i driftskedet planeras ett påslag vid Smedslätten i närheten av Mälarpassagen. Ambitionen har varit att hålla nere antalet etableringar i tät bebyggelse, varför påslaget placerats i utkanten av Ålstenskogen. Från denna position kan man genom södergående arbets-/servicetunnel utföra arbeten under Mälaren medan tunneldrivning västeröver mot Källviken kan hanteras från en andra arbetstunnel kopplad till samma påslag.

Mälarpassagen

Mälarpassagens sträckning är anpassad till lämpliga bergnivåer, svaghetszoner samt kortaste möjliga tunnel under vatten.

Påslag C Eolshäll

Placeringen av påslaget är valt utifrån tillgänglighet, tunnellängd och intrång.

Tunnelsträckan från påslag C till påslag D

Från Eolshäll till Liljeholmen är tunneln i huvudsak dragen under befintliga tunnlar vilket minskar graden av intrång. Vid Örnberg återfinns dock en lersvacka där ovanliggande ledning utgörs av en markförlagd ledning i stället för en tunnel i ca 300 m.

Påslag D Liljeholmen

Placeringen av påslaget är valt utifrån tillgänglighet, tunnellängd och intrång.

Tunnelsträckan från påslag D till påslag E

I höjd med Södertäljevägen i Liljeholmen är tunneln inte längre förlagd under en befintlig tunnel. Här avviker sträckningen i en böj söderöver för sammankoppling med en lokal pumpstation innan den förläggs under en annan befintlig tunnelsträckning djupt under Årstaskogen. Avsnittet mellan de befintliga tunnelstråken är i övrigt anpassat med hänsyn till kortast möjliga sträcka, till bergtäckning samt till potentiellt sättningskänsliga områden.

Påslag E Gullmarsplan

Påslagsläget är valt med hänsyn till den strategiska positionen, till tunnellängd och tillgänglighet samt för att begränsa inverkan på natur och bebyggelse.

Tunnelsträckan från påslag E till påslag F

Vid Gullmarsplan avviker planerad tunnelsträckning från sitt läge under befintliga tunnlar; detta av hänsyn till befintliga anläggningar och för att möjliggöra framtida påkoppling av ett antal spillvattenpunkter i området. Strax öster om Gullmarsplan sammanfaller sträckningen åter med befintliga tunnelstråk och tunneln löper sedan under befintliga tunnlar hela vägen till Sicklaanläggningen.

4.4.6 Motiv till huvudtunnelns tvärsnittsarea

Vid en optimering av tunnelns tvärsnittsarea vägs å ena sidan drivningstekniska begränsningar i byggskedet och funktionalitet med avseende på tillsyn och underhåll i driftskedet mot en allmänt resurssparande minimering av tvärsnittet.

Tunnelns kapacitet kan grovt beräknas till $1 \text{ m}^3/\text{s}$ och m^2 tunnelarea.

Det finns ett antal faktorer som talar för valt tunneltvärsnitt om ca 21 m^2 , motsvarande ca 18 m^2 nettoarea (d.v.s. ur VA-synpunkt utnyttjningsbar yta). Utgångspunkten har varit kapacitetsbehovet med hänsyn tagen till Stockholms befolkningsutveckling. Till detta kommer särskilda driftsfördelar med tunnelns potentiella funktion som magasin, såsom att reningsverksanläggningarna fungerar mer optimalt vid jämnare flöden genom att utjämning möjliggörs.

Tunnelns tvärsnitt utökas vid behov av lining. Vid Mälarpassagen anpassas tunnelns tvärsnitt då tunneln här utförs som en "torr" tunnel med större tvärsnittsarea, för att bli inrymma ledningarna

Bedömningen är att tunneltvärsnittet är väl avvägt mot samtliga ovanstående aspekter.

4.4.7 Masshantering och transporter

4.4.7.1 Masstransporter

Totalt beräknas omkring 1,4 miljoner ton bergmassor transporteras bort under byggtiden. I Figur 37 visas det samlade antal transportrörelser för hela tunneln genererade av bergtransporterna för respektive tunnelpåslag under tunneldrivningsfasen.

Transporterna av bergmassor till och från samtliga tunnelpåslag genererar under tunneldrivningsfasen i grova tal 180 000 fordonsrörelser. Sammantaget från alla påslag sker i medeltal mellan ca 200 och 560 fordonsrörelser per helgfritt vardagsdygn. En mer detaljerad beskrivning av bergtransporter och antalet fordonsrörelser från respektive tunnelpåslag lämnas i 5.2.8.

Lämpligt vägalternativ har utretts för de olika tunnelpåslagen. Det överordnade kriteriet är att transporterna snabbt ska nå det övergripande vägnätet och i så liten utsträckning som möjligt nyttja lokala gator. Därutöver har transportvägen bedömts ur följande aspekter;

- Bärighetsklass
- Svåra lutningar och kurvradier
- Skyltad hastighet
- Uppskattning av antal boende längs sträckan
- Förskolor, skolor eller andra aktiviteter där många barn rör sig
- Förutsättningar för gång- och cykeltrafik
- Trafikmängder

Alla transporterna sker mellan kl 07-22 under helgfria vardagar. Bergmassorna från tunneln lastas nere i tunneln och transporteras bort. Antal fordonsrörelser är beräknat efter en lastvikt om 15 ton per lastbil.

För en specifik genomgång av situationen för respektive påslag hänvisas till avsnitt 5.2.8.

4.4.7.2 Masshantering

Ovan nämnda massor utgörs av berg från drivningen av huvudtunneln och service-/arbetstunnlarna samt från bergrum och magasin. Utöver dessa massor tillkommer även vissa massor vid:

- Jordschakt vid anläggning av vägar och planer, ledningsnedläggning och avtäckning av berg vid bl.a. påslag och utrymningsschakt
- Bergschakt för ledningar
- Förskärningar till påslagen

Projektet har inte behov av de massor som uppkommer. Massorna kommer således att tillfalla entreprenören (så kallade Fall B massor). Det innebär att entreprenören äger massorna.

Tabell 3 Massor som uppkommer vid drivning av tunneln.

Produkt	Mängd	Leveransställe
Bergmassor	ca 460 000 tfm ³	Kross
Jordmassor Fall B	ca 2 900 m ³	Försäljning
Block > 3 - 5 m ³	ca 60 st	Kross
Förorenade massor	ca 8 ton	Godkänd deponi

Stockholm Vatten har beslutat att massor inte får mellanlagras inom projektet. Det innebär således att massorna kommer att lastas direkt i tunneln för vidare borttransport.

Behovet av krossmaterial i Stockholmsregionen bedöms vara stort. Materialet kan krossas och sorteras vid befintliga krossanläggningar i Stockholm med omnejd innan de återanvänds i andra regionala bygg- och anläggningsprojekt.

4.4.7.3 Materialtransporter

Utöver masstransporter som redovisas ovan kommer trafikrörelserna till och från projektets arbetsområden under byggskedet även att utgöras av materialtransporter.

Materialets karaktär skiftar beroende på projektskede; under drivningsfasen erfordras injekteringscement, förstärkningsbultar, sprutbetong, drivmedel sprängämne m.m. Under installationsfasen kommer den dominerande andelen av transporter att bestå av betong till tunnelbotten och till betongkonstruktioner. Därutöver tillkommer bl.a. transport av bärlagermaterial, dränerande lager och installationsmaterial – särskilt stålrör för Mälarpassagen och installationsdelar till intilliggande anläggningar i Smedslätten.

Under etablerings- och avetableringsfasen kommer även arbetsmaskiner, arbetsmaterial, bodar, stängsel mm att transporteras till och från arbetsområdet.

4.4.8 Vatten- och energiåtgång

4.4.8.1 Vattenåtgång

Inom projektet kommer vatten att nyttjas – särskilt för borrar och spolning av berget i samband med tunneldrivningen – men också för betongkonstruktioner samt i mindre grad för kringverksamheter såsom damningsbegränsande åtgärder och hjulvätt. Vattnet kommer att tas från det kommunala dricksvattnätet. Generellt antas den sammanlagda vattenförbrukningen uppgå till ca 400-450 l vatten/m³ fast berg, ca 220 000 m³ vatten för hela anläggningen.

4.4.8.2 Energiåtgång

Under byggskedet utgörs energiåtgången av el- och bränsleenergi. I Tabell 4 redovisas den uppskattade energiåtgången med avseende på el- och bränsleenergi i byggskedet tillsammans med den uppskattade energiåtgången i drift för tunneldelen.

I byggskedet är det huvudsakligen ventilationsfläktar, vattenpumpar och borrhjor som förbrukar elenergi. Bränsleenergi förbrukas under byggskedet huvudsakligen vid utlastning av bergmassor.

I driftsskedet är det huvudsakligen ventilationsanläggningen i Smedslätten och dränpumpstationen vid Mälarpassagen som förbrukar elenergi (pumpstationen i Sicklaanläggningen ingår inte i denna sammanställning).

Tabell 4. Energiåtgång

Byggskedet – uppskattad sammanlagd energiåtgång		Driftsskedet – uppskattad årlig energiåtgång
Elenergi (MWh)	Bränsleenergi (MWh)	Elenergi (MWh/år)
30 000	22 000	500

Motsvarar hela byggtiden och samtliga sex påslagslägen

4.4.9 Material och produkter

Exakt vilka ämnen som kommer att användas i projektet är, liksom den exakta omfattningen av vissa av dem, inte möjligt att ange i detta skede. Entreprenören kommer att kunna välja olika produkter och redogöra för dem i den miljöplan som upprättas före byggskedet. Vid val av produkter och kemikalier kommer deras risker och miljöpåverkan att beaktas.

Nedan presenteras översiktligt aktuella ämnen, grov materialförbrukning i förekommande fall samt allmän hantering och lagring.

4.4.9.1 Injekteringsbruk

Tätning av berget kommer i huvudsak att ske med cementbaserade injekteringsbruk. Dessa blandas med olika tillsatser (flyttillsatser och/eller härdare) för att skapa för ändamålet anpassade egenskaper. Tillsatsmedlen blandas i injekteringsbruket med doseringsutrustning.

4.4.9.2 Kemiska tätningssmedel

I exceptionella fall kan behovet av kemiska tätningssmedel uppkomma. Det kemiska tätningssmedlet ska vara polyuretanbaserat och entreprenören ska i sitt anbud ange vald produkt med produktblad. Produktvalsprincipen, vilken är grundläggande vid hantering av kemiska produkter, kommer att tillämpas. Den innebär att då det finns flera likvärdiga produkter ska de minst farliga produkterna ska användas. Vilka kriterier som gäller för att bedöma kemikaliers farlighet framgår av Reachförordningen. Entreprenörens val av kemiska tätningssmedel ska godkännas av Stockholm Vatten före användning.

4.4.9.3 Sprängmedel

Sprängningarna kommer att genomföras med både emulsionssprängämne och patronerat sprängämne. Den övervägande delen kommer att utgöras av emulsionssprängmedel och hanteringen av dessa kommer att ske i enlighet med det s.k. SSE (Site Sensitized Emulsion) – systemet. Det innebär att två huvudkomponenter (ammoniumnitrat och dieselolja) samt en tilläggskomponent i form av skumbildandemedel fraktas separat in i tunneln och sedan blandas samman på plats vid varje laddningstillfälle. Den färdiga blandningen pumpas in i salvhålen med hjälp av en slang som successivt dras ut och efterlämnar en sträng av sprängmedel. Laddningsmängden sprängämne i varje borrhål varierar från salva till salva och beräknas exakt vid varje enskild sprängsalva. Laddningsmängden beror av ett stort antal faktorer men kan sägas normalt variera från 1,5 kg – 2 kg/m³ fast berg (se Tabell 5).

En mindre del patronerat sprängämne används i varje standardsalva, bland annat i form av en s.k. primer (ca ¼ dynamitgubbe) i botten på de emulsionsfyllda salvhålen. Normalt anses emulsionssprängmedel vara både säkrare och mindre resurskrävande, men patronerat sprängmedel används också som huvudmedel i specifika fall – såsom vid högt vatteninnehåll eller vid behov av en särskilt förfinad tunnelkontur.

4.4.9.4 Betong

Vid bergförstärkning används sprutbetong som i likhet med injekteringsmedlen blandas upp med flytmedel och härdare för att anpassas till användningen. Bultar gjuts in med cementblandning.

Vidare kommer betong att användas vid gjutning av betongkonstruktioner.

4.4.9.5 Drivmedel

Enligt de gällande kraven för entreprenader i Stockholms stad ska:

- Dieselbränsle uppfylla kraven för miljöklass 1 eller likvärdigt.
- Alkylatbränsle användas för motorerna i bensindrivna arbetsmaskiner och arbetsredskap i de fall dessa inte är försedda med katalytisk rening.

Dessutom kan bränslen som bidrar till minskad energiåtgång eller förbättrad miljöprestanda men som inte till alla delar uppfyller kraven för miljöklass 1 få användas efter överenskommelse med beställaren.

Del av maskinparken som används i produktionscykeln är emellertid eldrivna. Detta gäller borraraggregat, injekteringsutrustning och laddningsutrustning.

4.4.9.6 Materialförbrukning

En sammanställning av den uppskattade åtgången för ett antal produkter och material presenteras i Tabell 5.

Tabell 5. Översiktlig förbrukning av särskilda produkter

Material	Uppskattad åtgång (ton)
Injekteringsbruk	1 850
Sprutbetong + förstärkningsbetong	22 000
Konstruktionsbetong	53 000
Fyllnadsmaterial och asfalt	26 000
Tillsatsmedel injekteringsbruk (ca 2,2 % av cementvikten, ca 1 200 t)	22
Sprängmedel	850
Drivmedel	1 830

4.4.9.7 Lagring och hantering

Förvaring av bränsle, miljöfarliga kemikalier, brandfarliga produkter och sprängämnen inom arbetsområdena kommer att minimeras och krav kommer att ställas på att ämnena hanteras på hårdgjorda ytor med erforderliga skyddsanordningar för uppsamling av eventuellt spill, påkörningsskydd mm. Flyttbara tankstationer (drivmedelstankar) kommer att vara dubbelmantlade eller utförs invallade och förses med påkörningsskydd. Tankstationerna utrustas med brandbekämpnings- och saneringsutrustning. Sprängämnen och tändare förvaras i

enlighet med gällande föreskrifter åtskilda. Vid lagring av flytande kemikalier ska sekundärt skydd som säkerställer att vätskan kan uppfångas finnas.

Service, underhåll och bränslepåfyllning av fordon och maskiner sker på hårdgjorda ytor och i verkstadstälten upprättas en skyddsbarriär med oljeavskiljare.

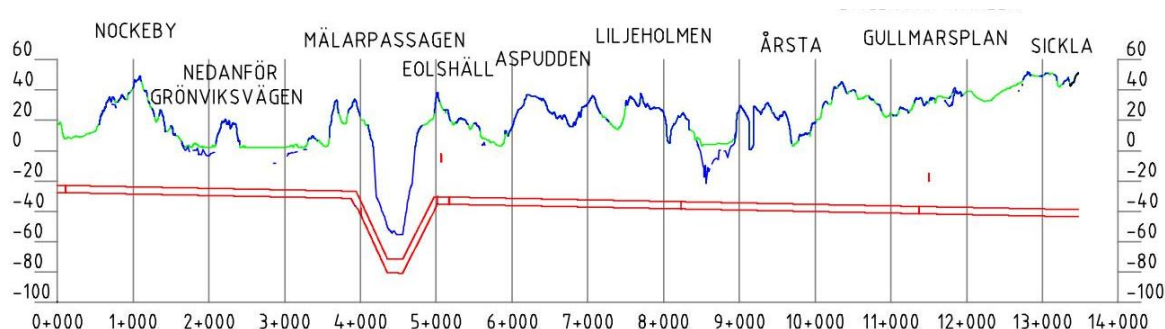
5. Detaljerad beskrivning av utformning och utförande

5.1 Anläggningsbeskrivning

Den planerade tunneln består av en huvudtunnel (uppdelad på; Brommatunneln, Mälarpassagen och Söderortstunneln) mellan Bromma avloppsreningsverk och pumpstationen i Sicklaanläggningen. Till detta drivs arbets- och servicetunnlar.

Benämning	Sträcka
Brommatunneln	Bromma ARV – Smedslätten, ca 4 km
Mälarpassagen	Smedslätten – Eolshäll, ca 1 km
Söderortstunneln	Eolshäll – Sickla, ca 8,5 km

Den generella lutningen i längdled motsvarar 1,0 ‰ (1:1 000) och tunneldjupet varierar enligt Figur 8. Drivningen sker på sammanlagt ca 10 fronter, genom 8 arbets-/servicetunnlar anslutande till 6 påslagpositioner.



Figur 8. Profil längs med huvudtunneln

Sträckningen löper från platsen för nuvarande Bromma ARV ned till Källviken, under Brommas sydvästra strand, över till Eolshäll via Mälarpassagen och österut mot Liljeholmen, Årsta och Gullmarsplan till Sicklaanläggningen. Avloppsvattnet kommer att rinna fritt i tunneln förutom genom Mälarpassagen.

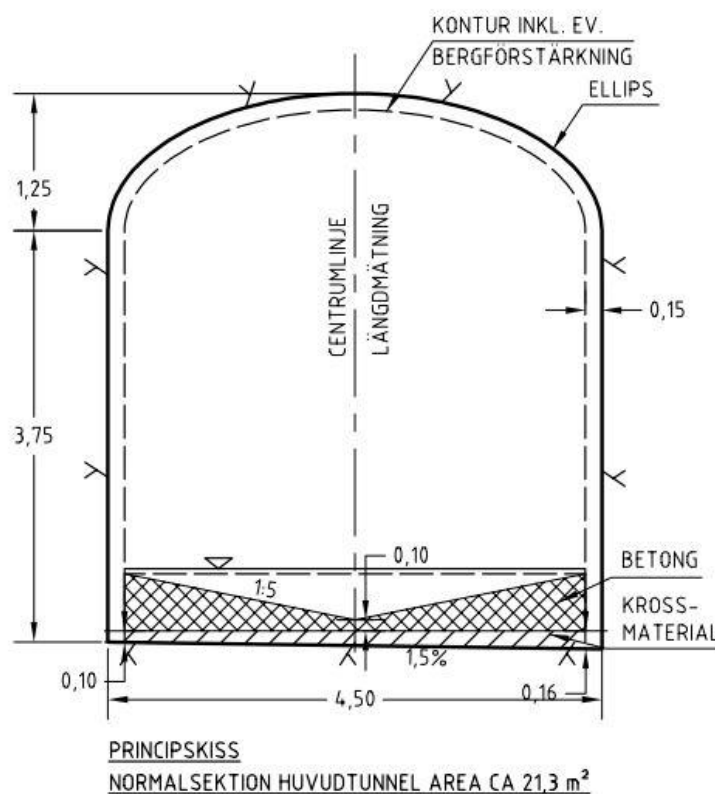
På den del av sträckan som kallas Mälarpassagen, mellan Smedslätten och Eolshäll, utförs under Mälarens botten en "torr" tunnel med större tvärsnittsarea, för att inrymma ledningarna. Vid Smedslätten utförs anordningar för spolning av ledningarna för att förhindra igensättningar.

5.1.1 Huvudtunneln

Huvudtunnelns tvärsnittsarea ligger allmänt på ca 21 m², men utökas i passagen under Mälaren (till 69-80 m²) samt vid eventuellt behov av lining. Tunnelbotten utförs i betong på krossmaterial med en sidolutning motsvarande 1:5 mot en centralt belägen lågpunkt se Figur 9, en utformning som fungerar väl även vid mindre flöden.

Utgångspunkten har varit att sektionen ska klara kapacitetskraven med avseende på VA-dimensioneringen. Sektionen har även anpassats efter bergtekniska förutsättningar som användande av modern maskinpark, transporter, ventilation, tunnellängd mm.

I huvudtunneln planeras lastnischer med jämna mellanrum. Lastnischerna har samma sektion som huvudtunnel och är ca 8,5 m djupa.



Figur 9. Principsektion huvudtunneln

5.1.2 Anslutningar till tunneln

I detta avsnitt beskrivs översiktligt de huvudanslutningar, som planeras till huvudtunneln. Anslutningspunkterna redovisas översiktligt i Bilaga D 1. 3.

Anslutningar förses med vattenlås för att tunnelventilationen inte skall störas. Vattenlåset placeras i normalfallet i marknivå för att underlätta drifthållningen med bl a slamsugning. Anslutningarna till själva tunneln kommer att ske genom störtrör som gjuts in i ett raiseborrhål och som på tunnelnivå mynnar i en tunnelnisch.

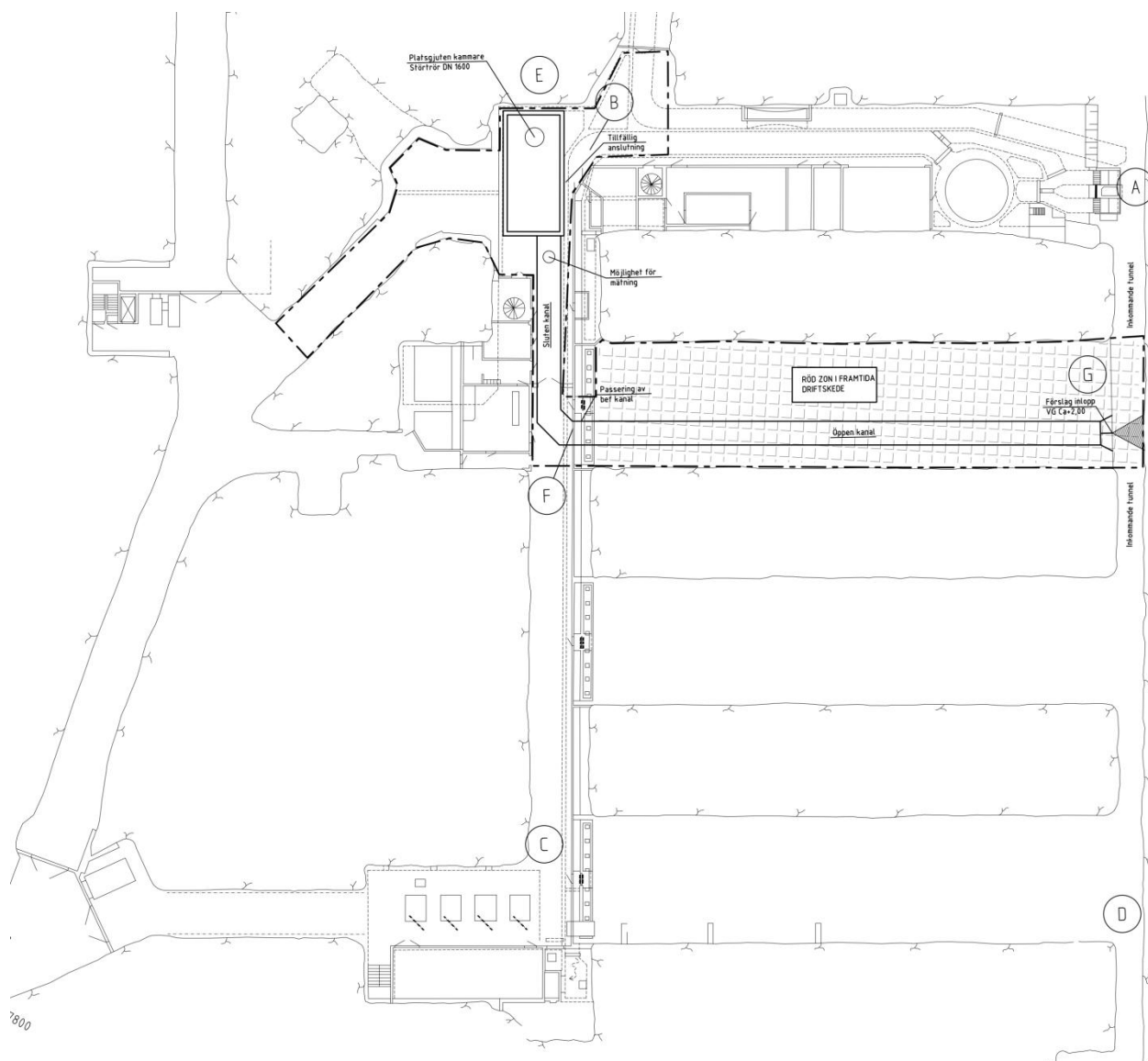
5.1.2.1 Anslutning Bromma

Brommatunneln är en direkt fortsättning på den befintliga Järvatunneln. De högre liggande tunnlarna (Hässelbytunneln och Riksbytunneln) ansluts till Brommatunneln med vertikalschakt. När Brommatunneln tas i drift kommer den befintliga pumpstationen, som avslutar Järvatunneln, att tas ur drift.

5.1.2.2 Anslutning Eolshäll

Eftersom överföringen av avloppsvatten från Eolshäll till Himmerfjärdsverket skall avslutas kommer Eolshälls pumpstation att tas ur drift. Dessutom kommer en betongklack i en tillloppstunnel till stationen att rivas så att vattnet uppströms klacken leds till Eolshäll. Allt avloppsvatten som leds till Eolshäll kommer att avledas via en anslutning till Söderortstunneln.

Anslutningen framgår av Figur 10 nedan. Inkommande vatten leds idag i en kanal till en pumpstation via sträckan A-B-C som framgår av Figur 10. För anslutning till den planerade tunneln utförs en anslutningsbrunn i punkten E varifrån det leds i störtrör till Söderortstunneln.



Figur 10 Principiell teknisk VA-lösning anslutningspunkt Eolshäll

5.1.2.3 Bräddtunneln Skanstull

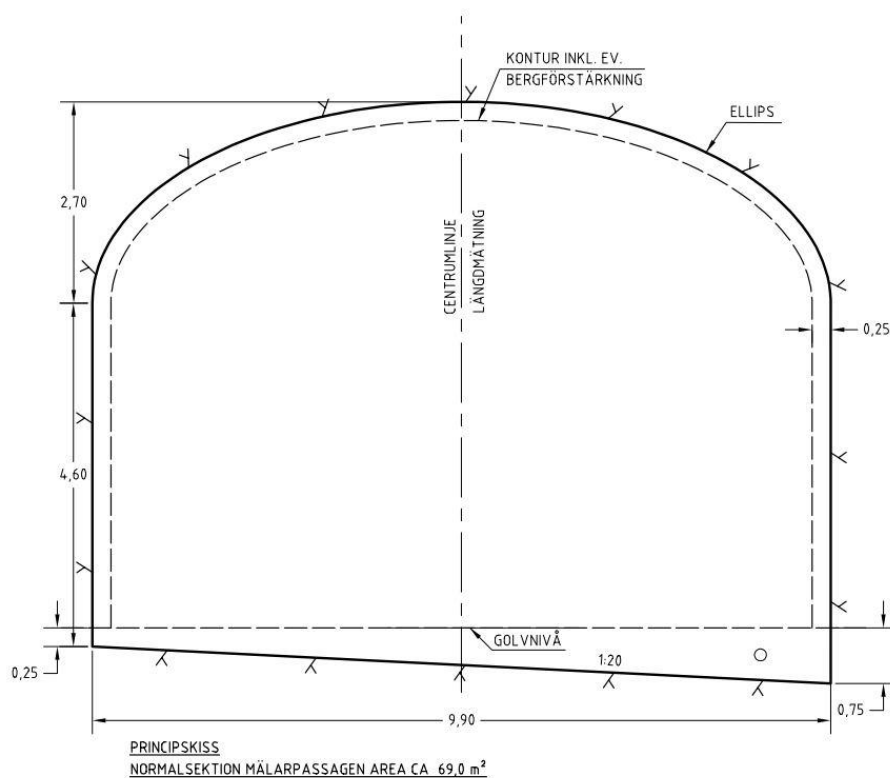
För att minimera utsläppet vid Skanstullsbron från Årstatunnelns bräddtunnel, görs en anslutning från bräddtunneln till den underliggande Söderortstunneln. Läget för denna anslutning väljs så att den planerade arbetstunneln vid Gullmarsplan kan utnyttjas för att förenkla åtkomsten. Själva anslutningen utförs med en ledning i arbetstunneln. Ett visst litet basflöde släpps förbi, för att inte belasta Söderortstunneln med inläckande grundvatten eftersom tunneln ju oftast är "tom".

5.1.2.4 Potentiella anslutningar

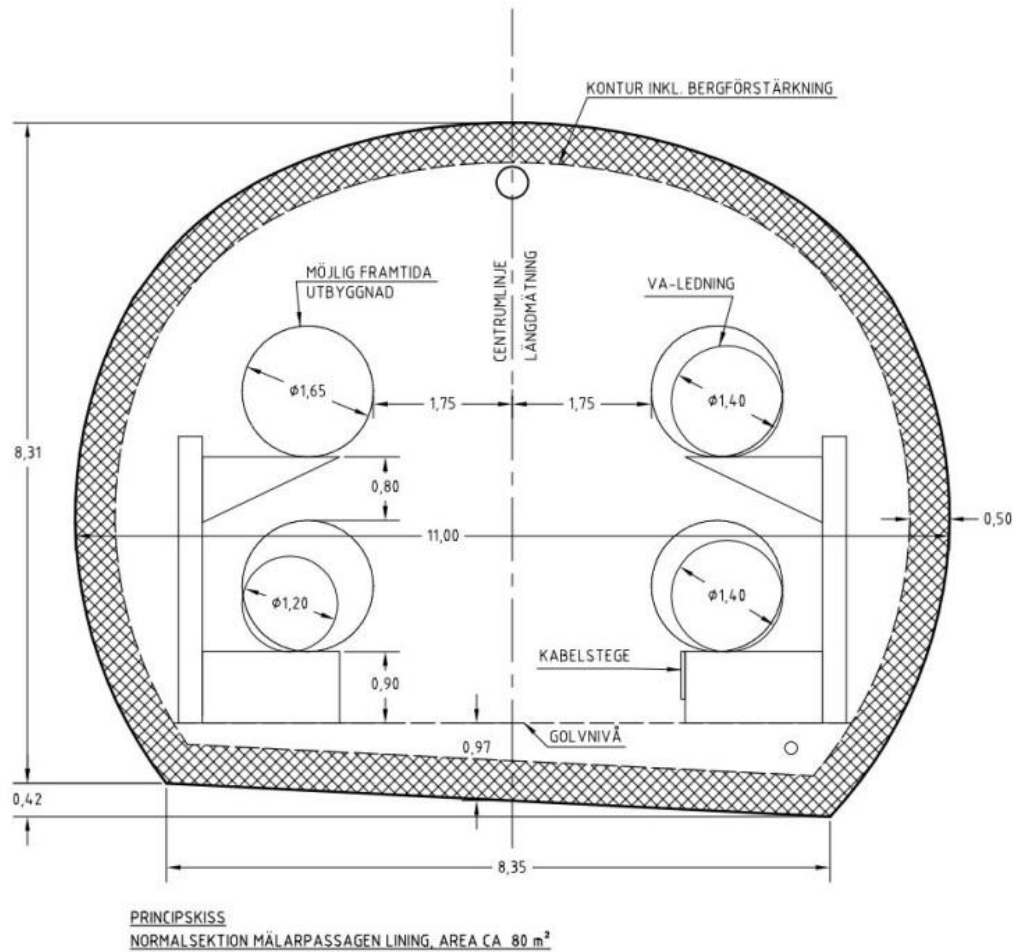
I tunneln kommer även förberedelser att göras för potentiella anslutningspunkter (PAP) som kan komma att utföras i framtiden.

5.1.3 Mälarpassagen

Där tunneln passerar Mälaren ligger sjöbotten som lägst på ca – 35 m och berget på ca -55 m. Vid passagen finns även sprick- och krosszoner. För denna passage behöver tunneln ligga förhållandevis djupt jämfört med tunneln i övrigt. Skulle tunneln anpassas efter denna nivå för att erhålla självfall till Sicklaanläggningen skulle det innebära stora djup vid Sicklaanläggningen och omfattande energiförluster vid pumpning av avloppsvattnet. Av denna anledning utformas tunneln vid Mälarpassagen i stället som en "torr" tunnel med plats för ledningarna. Med hänsyn till montering, underhåll och framtida utbyte av ledningar kommer tunnelsektionen att få ett utseende enligt Figur 11. Om tunneln behöver kläs med invändig betong, s.k. lining (se avsnitt 4.4.3), görs bergtunneln bredare, så att utrymmet bibehålls (Figur 12).



Figur 11. Principsektion för Mälarpassagen.



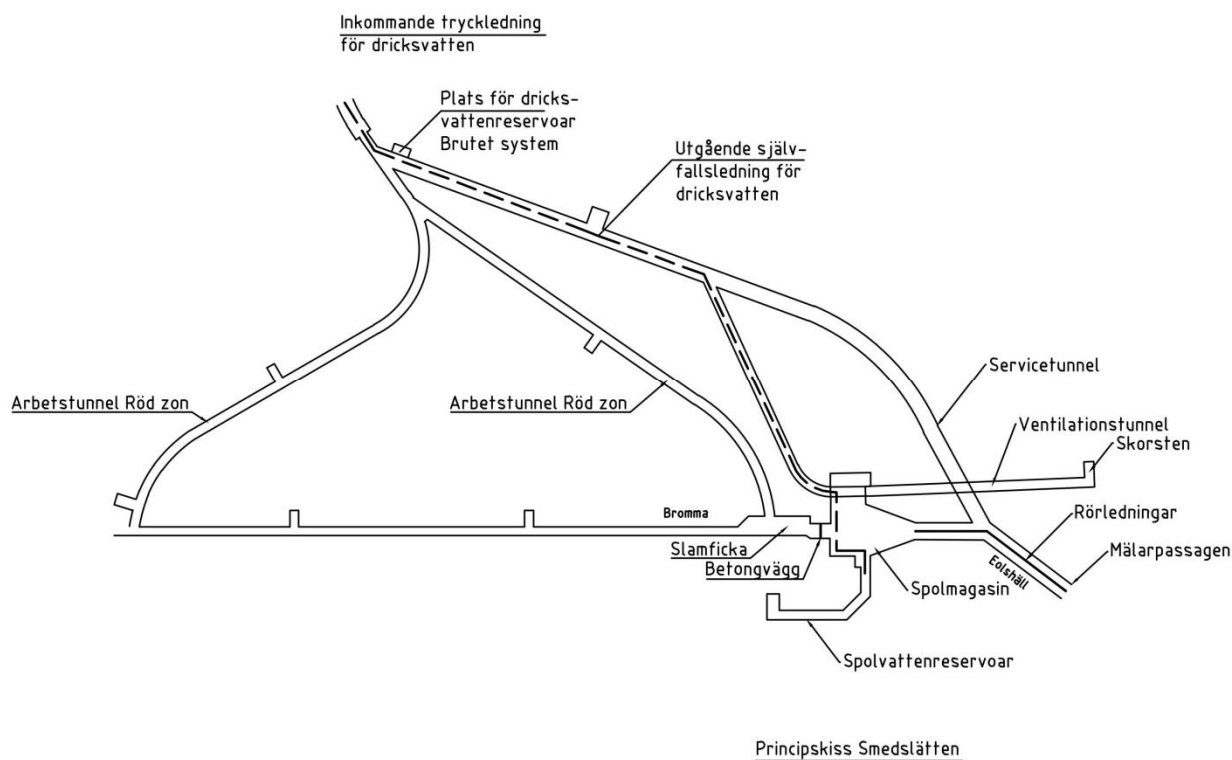
Figur 12. Principskiss på Mälarpassagen med utrymme för betonglining.

5.1.4 Anordningar vid Smedslätten samt Mälarpassagens dräneringspumpstation

Brommatunneln avslutas vid Smedslätten med en tät betongvägg. Med genomföringar i betongväggen ansluts ledningar, som via ett serviceutrymme installeras i Mälarpassagen fram till Eolshällssidan, där de avslutas och ansluts till Söderortstunneln genom ännu en tät betongvägg. Väggarna dimensioneras för ett vattentryck av ca 40 m vattenpelare. Detta för att inte riskera att Mälarpassagen fylls med vatten vid en katastrofsituation.

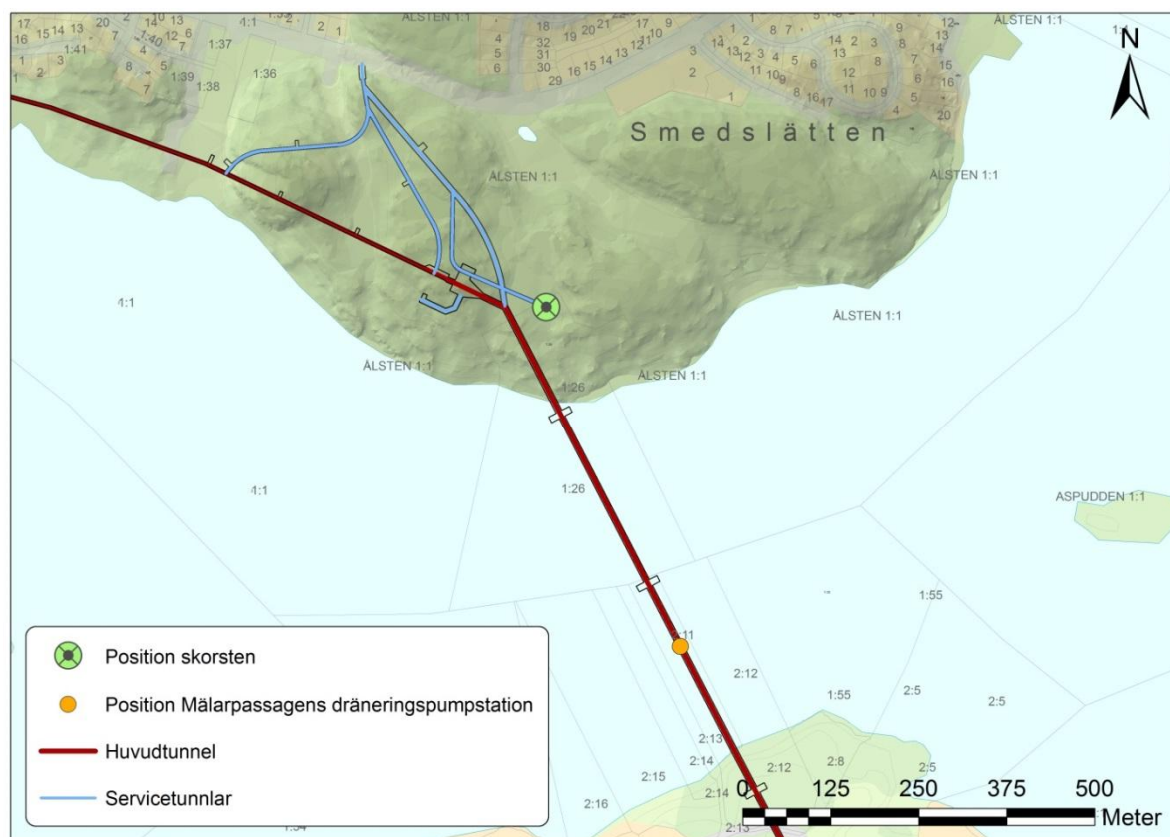
Uppströms den förstnämnda betongväggen utförs en slamficka i syfte att skydda ledningarna mot av- och igensättningar, se Figur 13. En separat tunnel för slamtömning anordnas som ansluts på en lägstanivå på ca +2,0 m. En vattentät port anordnas uppströms förgreningen av arbetstunnlarna.

För att bland annat kunna spola ledningarna i Mälarpassagen anläggs ett spolvattenmagasin. Vattnet till spolmagasinet tillförs från ledningsnätet. Tillskott sker även från den dränvattenpump som finns i Mälarpassagens lågpunkt.



Figur 13. Principskiss över underjordsanordningar vid Smedslätten

Inläckande vatten i Mälarpassagen uppsamlas i en pumpsump i tunnelns lågpunkt (se Figur 14). Pumpstationen förses med två pumpar, vardera med en kapacitet som klarar det dubbla inläckaget. Pumpkapaciteten bestäms sedan det verkliga inläckaget uppmätts. Pumparna nivåstyrs. Skulle vattennivån stiga över den första pumpens startnivå, startar den andra pumpen samtidigt som ett larm går, som inte kräver akututtryckning. Skulle vattennivån därefter stiga ytterligare utlöses ett akutlarm. Ovanför denna nivå skall finnas en volym, som rymmer inläckaget under uttryckningstiden. Vattnet pumpas till spolmagasinet i Smedslätten för användning vid spolning av ledningar.



Figur 14. Översikt Smedslätten-Mälarpassagen

5.1.5 Ventilationsanläggningar

För att förhindra spridning av lukt vid anslutningar till tunnlarna kommer ett undertryck att skapas i tunnlarna med frånluftsfläktar. Två separata ventilationssystem kommer att skapas.

Luften från Brommatunneln kommer att renas genom en kombination av fotooxidation och aktiverat kolfilter i en anläggning i Smedslätten och där ventileras genom en skorsten.

Luften från Söderortstunneln kommer att renas och ventileras via befintlig skorsten i Sicklaanläggningen.

Den nya skorstenen i Smedslätten kommer att vara ca 30 m hög och ha en ytterdiameter på ca 1,4 m. Skorstenens läge redovisas i Figur 14 och som visualisering i Figur 15 och Figur 16.



Figur 15. Visualisering av skorstenen från Eolshällsidan



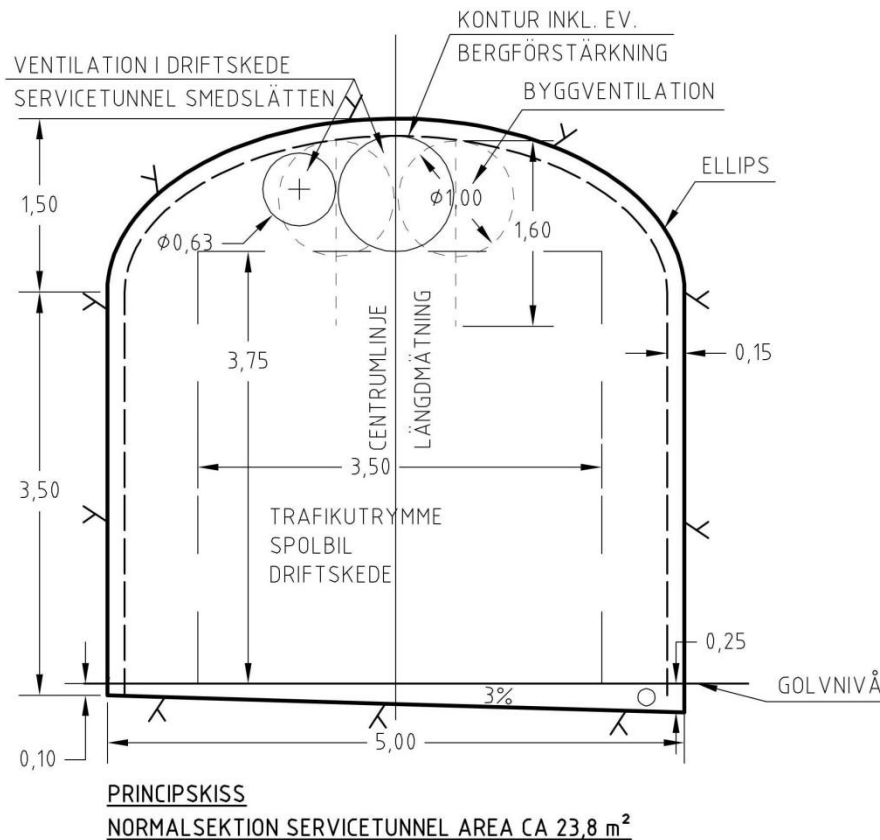
Figur 16. Visualisering av skorstenen vid dess position

Av arbetsmiljöskäl kommer även servicetunnlarna, serviceutrymmet och Mälarpassagen ventileras. Denna ventilation sker genom luftintag via porten till infartstunneln Smedslätten. Vid minusgrader värms luften i kanalen närmast porten för att undvika påfrysning. Frånluften leds tillbaka till ett utsläpp invid porten.

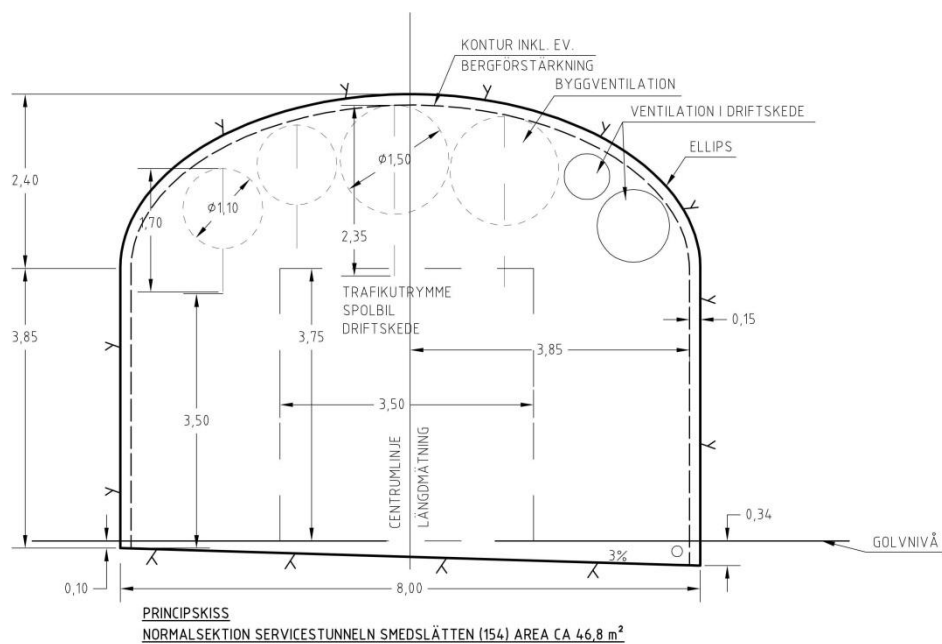
5.1.6 Påslag samt arbets- /servicetunnlar

De tunnlar som under byggskedet fungerar som arbetstunnlar till huvudtunneln och genom vilka uttransporter av bergmassor kommer att ske kommer även att vara servicetunnlar och utrymningsvägar i driftskedet, med undantag för påslag Eolshäll. Tunnlarna har av transporttekniska skäl normalt en tvärsnittsarea om ca 25 m², alltså något större än huvudtunnelns, se Figur 17. För vissa arbetstunnlar krävs en något större sektion för att klara bl a transportlogistiken, drift och underhåll samt utrymning, se Figur 18 och Figur 19.

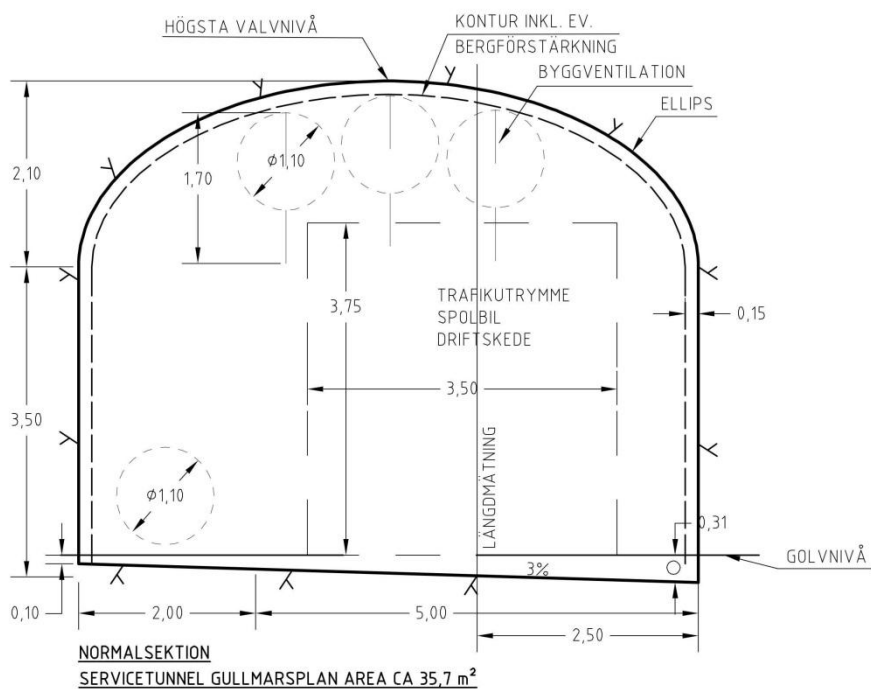
Under byggskedet kommer ventilation av huvudtunneln att ske genom arbetstunneln från etableringsytan där ventilationsaggregaten är placerade.



Figur 17. Sektion arbets- /servicetunne



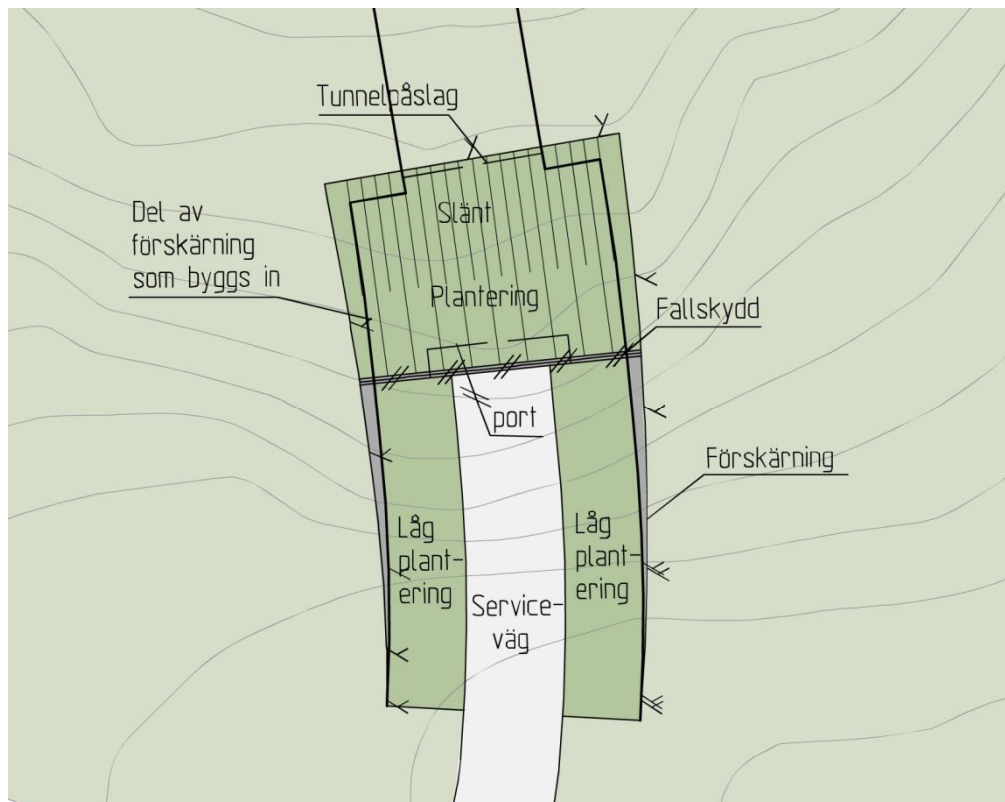
Figur 18. Sektion servicetunnel Smedslätten.



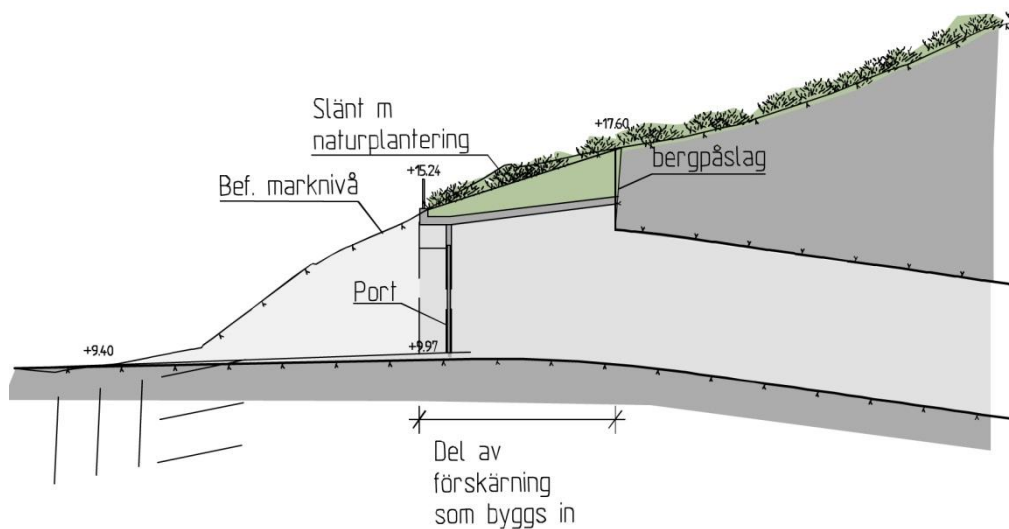
Figur 19. Sektion servicetunnel Gullmarsplan.

5.1.6.1 Nya permanenta påslag

Nya permanenta påslag anläggs i Smedslätten och Gullmarsplan. Dessa utformas efter en gemensam princip som anpassas efter respektive plats. Grundtanken med gestaltningen är att minska intrycket av påslagen och få dem att smälta in i omgivningen. Detta görs främst genom att porten skjuts fram framför påslaget (se Figur 20, Figur 21). Tunnelpåslaget kräver minst 3 m bergtäckning. Genom att dra fram porten så att den blir lika hög som omgivande marknivåer och anlägga naturmark ovanpå kan det visuella intrycket av den 3 m höga bergtäckningen och ett antal meter förskärning reduceras avsevärt.



Figur 20. Principutformning av ett påslag i plan med den övertäckta delen markerad.



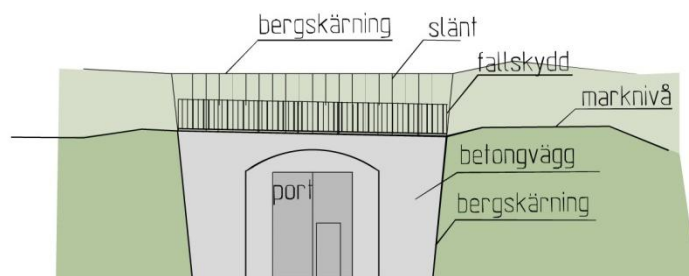
Figur 21. Principutformning av ett påslag i sektion med den övertäckta delen markerad.

Bergväggarna som leder fram till porten skall ha lutning om 10:1 och så långt det är möjligt lutas marken ut från portarna mot anslutande vägar, med ett fall på 2 % som standard. Detta kommer inte vara möjligt för alla påslag och i det fall då marken lutar in mot påslaget kommer någon typ av dränering att krävas.

Konstruktionen kring påslaget utförs i betong eftersom det är hållbart och kräver lite underhåll. Den övre delen, som det anläggs en planteringsbädd på, lutas något ut från bergpåslaget för att ge bättre stöd åt konstruktionen i fästpunkten. Den nedre delen av konstruktionen förankras med betongfundament som dubbas till berget.

Portarna utförs i stål med pardörrar med en dörr för fotgängare och med mått anpassade för att servicefordon, t.ex. spolbilar, ska kunna ta sig in i tunnlarna.

Portkonstruktionerna är höga och kring vissa av påslagen är det mycket folk i rörelse. För att förhindra att någon faller ner från portkonstruktionen eller längs de högre delarna av bergskärningen sätts fallskyddsstängsel från det att bergväggen är 2 m ovan anlagd marknivå.



Figur 22. Principutformning av ett påslag.

För att få plats med överbyggnader för planteringsytor och serviceväg krävs att man spränger/schaktar ner under projekterad marknivå. Ovanpå betongkonstruktionen anläggs växtbädden.

Påslag Smedslätten

Påslaget anläggs i ett skogsparti nära väg och park. I dag präglas platsen av tät skog. Om träd intill påslaget avverkas eller skadas under byggtid ersätts de med träd av liknande arter.



Figur 23. Smedslätten idag.



Figur 24. 3D-visualisering av nytt tänkt påslag vid Smedslätten.

Påslag Gullmarsplan

Området där påslaget vid Gullmarsplan planeras är ett område som många antingen passerar till fots eller använder för rekreation. Det finns promenadvägar vid platsen som fortsätter längs Årstaviken åt ena hållet och mot Skanstull och Hammarby sjöstad åt andra hållet och i närområdet finns det bl.a. sporthall, skolor, marina och restaurang. På platsen finns utemöbler utplacerade vilket signalerar att platsen används både dag- och kvällstid. Eftersom platsen inte bara passeras utan även används är det viktigt att fallskydd anläggs här. Eftersom påslaget kommer att ses av många samt vara på en utsatt plats gjuts betongen i ett mönster som täcker ytan, både för att försköna påslaget, men även för att minska klottret.



Figur 25. Läget för påslaget vid Gullmarsplan.



Figur 26. 3D visualisering av det framtida påslaget vid Gullmarsplan.

5.1.6.2 Nytt tillfälligt påslag

I Eolshäll anläggs ett nytt påslag som endast utnyttjas under byggtiden. Det tillfälliga påslaget anläggs i ett område som idag är fotbollsplan. Området är

förhållandevis flackt och för att nå berget anläggs en schakt i de lösa jordlagren som är i storleksordningen 50 m lång och 10 m djup.

Då bergarbeten och installationer i tunneln är färdiga återställs marken, ett nytt utrymningsschakt kommer dock att anläggas vid platsen.

5.1.6.3 *Befintliga påslag*

Av de tre befintliga påslag som kommer att användas längs tunnelsträckningen kommer de vid Åkeshov respektive Sicklaanläggningen att utvidgas något (då de idag är för trånga) och påslaget vid Liljeholmen bibehåller sitt nuvarande utseende.

Förändringar vid påslaget vid Åkeshov beskrivs nedan, medan påslaget vid Sickla ligger inom Stockholm Vattens egen fastighet.

Påslag Åkeshov

På vardera sidan om påslaget växer idag höga buskar som delvis döljer det från vägen. Den befintliga vegetationen tas omhand under byggtiden och återplanteras när påslaget är färdigbyggt. Om buskarna inte kan bevaras planteras nya av samma arter.

Påslaget ligger i ett djupt läge som gör att dagvatten rinner ner mot påslaget. Ytdränering placeras därför i anslutning till porten.



Figur 27. Påslag Åkeshov, dagens situation.



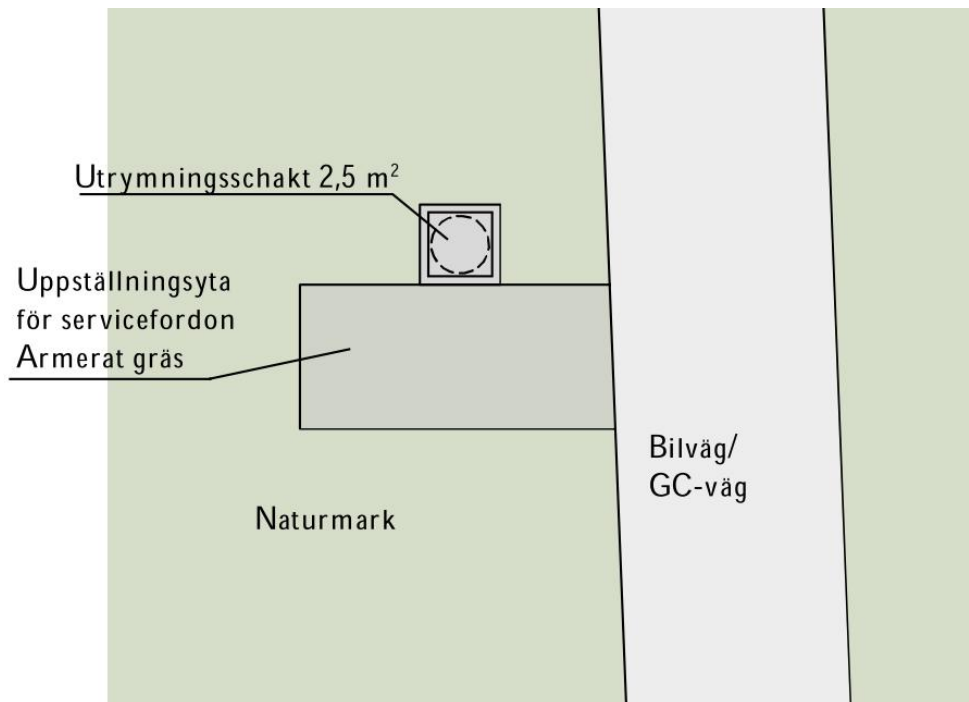
Figur 28. 3D visualisering av påslag Åkeshov efter ombyggnad. Påslaget ligger fortfarande lågt och har buskar som skymmer det.

5.1.7 Utrymningsschakt

För att tillgodose en av Stockholm Vatten fastslagen utrymningsplan kommer sammanlagt nio s.k. utrymningsschakt att etableras längs sträckningen på positioner som säkerställer ett maxavstånd till utrymningsvägar om 1000 m. Fem av dessa schakt mynnar på marknivå (se översikt på *Bilaga D 1. 2*) medan övriga mynnar i befintlig ovanliggande berganläggning för vidare utrymning.

Utrymningsschakten kommer att vara runda eller rektangulära.

Utrymningsschakten består i marknivå av en något upphöjd metallucka i en sarg av betong som täcker schaktet. Vid varje plats finns en uppställningsyta för servicefordon som anläggs med armerat gräs.



Figur 29. Principutformning utrymningsschakt i plan

5.2 Byggskedet

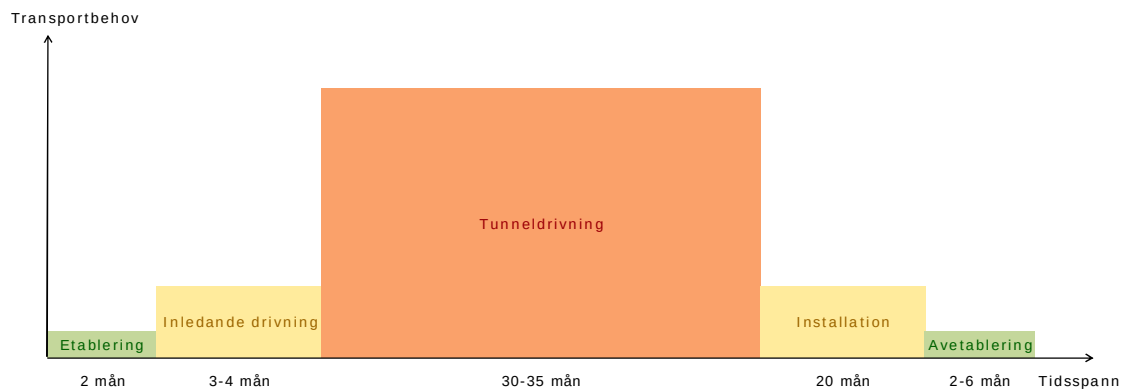
I följande avsnitt behandlas den övergripande genomförandeprocessen i byggskedet - från början till det att tunneln är redo för driftsättning. Den generella arbetsgången beskrivs inledningsvis kronologiskt. Därefter följer specifika, för förståelsen viktiga avsnitt, som behandlar särskilda moment och principer för respektive anläggningsdel samt för de arbetsområden som bara kommer att existera under byggskedet.

Många av de allmänna termer och metoder som omnämns nedan förklaras utförligare i avsnitt 4.4. Till arbetsgången relaterade miljöeffekter behandlas i avsnitt 6.

En förutsättning för arbetena är att bullrande och stomljudsallstrande arbeten endast utförs helgfri vardag mellan kl. 07-22.

5.2.1 Övergripande arbetsgång

Byggskedet kan grovt delas in i sex olika delskeden, se Figur 30. Höjd och bredd hos staplarna speglar mycket schematiskt det ungefärliga tidsspannet respektive det ungefärliga transportbehovet för aktuellt delskede; det senare för att skapa en bild av hur de olika momenten kan relateras till in- och utförsel av massor och material. Delskedena beskrivs nedan i korta stycken, med fokus på vilka moment som kommer att prägla verksamheten i respektive skede. Utförligare beskrivningar av delmomenten återfinns i efterföljande avsnitt.



Figur 30. Schematisk översikt över byggprocessens olika skeden. Tidsspannet skiljer sig mellan de olika tunneldelarna.

Etablering

I byggskedets inledningsfas iordningsställs respektive arbets- och etableringsområde vid påslagen och allting förbereds för tunneldrivning. Arbeten som utförs är bl a:

- ev avverkning
- stängsla in och skylta områden
- hårdgöra ytor och justera vägar och arbetsområden
- genomföra enklare byggnationer och plattgjutning
- ansluta erforderlig ström- och vattenförsörjning
- transportera in nödvändig materiel, utrustning, maskiner, bodar, tält och containrar mm

Sist i inledningsskedet anläggs en väg fram till platsen för tunnelmynningen.

Ytvegetationen avverkas efter behov och eventuella jordlager schaktas av.

Tid: ca 2 mån.

Inledande tunneldrivning

När alla förberedelser är genomförda inleds bergarbeten med borrhning med ovanjordsmaskin och s.k. pallsprängning för att skapa en förskärning för respektive tunnelmynning. Avtäckning, jordschakt och ovanjordssprängningar utförs vid Smedslätten, Eolshäll och Gullmarsplan. Vid Åkeshov och Sicklaanläggningen utförs strossning och vid Liljeholmen utförs försvarsarbeten (exempelvis skyddsåtgärder för befintlig anläggning).

De arbeten som behöver utföras vid förskärningarna varierar i omfattning till följd av förutsättningar vid platsen (släntlutning, jorddjup mm). Arbeta vid förskärningarna innefattar även bergförstärkning, installation av kommande tunnelventilation, el, vatten, kommunikation, etc. Detta arbete kräver koordination mellan de olika momenten och arbetet tar ca 2 mån.

Alla sprängningsarbeten i projektet utförs genom så kallad försiktig sprängning. Försiktig sprängning är sprängning som utförs med särskild hänsyn till omgivningen avseende vibrationer, stenkast och luftstöt våg. Försiktig sprängning är ett krav i tätbebyggt område och därför väl inarbetat i branschen. Vid ovanjordssprängning används täckande mattor för att förhindra stenkast och minska luftstöt vågen. Besvärande damning avhjälps med vattning.

Vid den inledande tunneldrivningen kommer salvorna vara mindre och perioderna med stomljud kortare. Vid övergången från reducerad till normal indrift ökar sedan salvstorleken och salvhålsdjupet, men i takt med att tunneln drivs djupare minskar det luftburna bullret och – beroende på bl.a. bergkvalitet – upplevelsen av stomljud vid marknivå.

Tid: 3-4 mån för samtliga påslag med undantag för Eolshäll där arbetena kommer att ta ca 5-6 mån

Tunneldrivning

Tunneldrivningen fortsätter i arbetstunnel/servicetunnlar ner till huvudtunneln. Sonderingsborrning utförs alltid i den inledande injekteringsborrningen för att bestämma injekteringsklass samt verifiera berg framför fronten. Detta är speciellt viktigt vid ytnära tunnlar. All borrhning framför fronten kan också ske med tekniken, measurement while drilling, s.k. MWD-borrhning. Denna teknik samlar in all data gällande borrhningens matningstryck, vridmoment, spoltryck, vattenvolym m.m. Uppgifterna kan sedan användas för att tolka bergförhållandena framför front vilket kan underlätta beslut kring fortsatt drivningsteknik speciellt viktigt i sämre berg samt vid injektering, bergförstärkning och eventuellt liningbehov.

I svaghetszoner, vid särskilt osäkra eller känsliga förhållanden (såsom t.ex. i Mälarpassagen) kan t.ex. ett förfarande med delade salvor bli aktuell t ex genom strossning eller pilottunnel. Genom denna drivningsteknik kan tunneln förstärkas i omgångar och på så sätt kan arbetet bedrivas säkrare.

Framdriften vid drivning av huvudtunneln innebär att störningar som kan uppfattas ovan mark är övergående. Som beskrivits ovan kommer dock hastigheten vid framdriften att behöva anpassas efter bl a bergets egenskaper. De störningar som kan uppfattas vid markytan (vibrationer och stomljud) avtar med avståndet.

Mellan kl. 07-22 kommer det huvudsakliga arbetet bestå i borrhning, laddning, sprängning, slående skrotning och utlastning samt övriga transporter. Nattetid förläggs förstärkningsjobb, servicearbeten i tunneln och på maskiner och andra arbeten som inte verkar störande på marknivå.

Tid: ca 30-35 mån.

Installation

Under detta skede kommer bland annat transporter att ske för betongbeläggning i tunneln. Dessutom tillkommer transporter för installation av rör och betongkonstruktioner till Mälarpassagen samt transporter för ventilationsanläggning i Smedslätten. Dessutom kommer transporter för installation av el och styr samt transporter för ev lining etc att ske.

Installationer utförs som tunnelgolv, anslutningar, rörledning till Mälarpassagen, betongkonstruktioner, mm

Tid: <20 mån.

Avetablering

Under detta skede utförs återställningsarbeten och borttransport av utrustning, maskiner och material mm.

Tid: 2-6 mån.

5.2.2 Arbets- /servicetunnlar och huvudtunnel

Åtkomst till huvudtunneln fordras både i byggskedet samt i driftskedet. För att minimera resursåtgången utförs tunnlar så att de kan nyttjas för båda dessa syften då det är genomförbart.

5.2.2.1 Bergarbeten

En arbetstunnel kommer att vara ansluten till respektive påslag. Vid Smedslätten förgrenas dock arbetstunneln enligt Figur 13.

Huvudtunneln är planerad att drivas på ca 10 fronter via arbetstunnlarna (se *Bilaga D 1. 2*). Från påslagen vid Åkeshov och Sicklaanläggningen sker framdriften på enkel front. Från de respektive påslagen Smedslätten, Eolshäll, Liljeholmen och Gullmarsplan kommer dubbla fronter att drivas åt vardera hållet i tunnelsträckningen.

Både i arbetstunnlarna och huvudtunneln planeras för mötes- och lastnischer med jämna mellanrum.

5.2.2.2 Installationer

När bergarbetena avslutats kan arbetet med installationer och inredning påbörjas. För huvudtunneln exklusive Mälarpassagen rör det sig, utöver anläggandet av tunnelgolvet, framför allt om anslutningar till befintliga anläggningar. Vid anslutning Bromma sker anslutning till Järvatunneln och till de högre liggande tunnlar Hässelbytunneln och Riksbytunneln. I Eolshäll kommer allt avloppsvatten att avledas via en anslutning till Söderortstunneln. Vid anslutning bräddtunnel Skanstull utförs anslutningen från bräddtunneln till den underliggande Söderortstunneln. Anslutningen utförs med en ledning i arbetstunneln.

Pumpstationen i Sicklaanläggningen och övriga installationer vid tunnelns slutpunkt beskrivs i Teknisk beskrivning av Henriksdals reningsverk för tillståndsansökan enligt 9 kapitlet miljöbalken (Bilaga till ansökan).

5.2.3 Mälarpassagen

5.2.3.1 *Bergarbeten*

Drivning av Mälarpassagen kommer att ske på två fronter, utgående från påslagen Smedslätten respektive Eolshäll på vardera sidan om Mälaren. Drivning från två håll under Mälaren utförs för att underlätta samordningen och drivningen i förväntade svaghetszoner. Bergets egenskaper bedöms vid all borrhning framför fronten tillsammans med MWD-teknik vilket kan föranleda metodval såsom delad salva, reducerad indrift, extra tätning eller lining.

5.2.3.2 *Installationer*

Installationsarbetena i Mälarpassagen, den torra tunneln, kommer till övervägande del att utgöras av installationen av ledningarna i tunneln. Rören ska transporteras ned och svetsas samman och anslutas till Brommatunneln respektive Söderortstunneln på vardera sidan om den färdigställda Mälarpassagen.

5.2.4 Spolmagasin Smedslätten

5.2.4.1 *Bergarbeten*

Vid Smedslätten sprängs bergrum och tunnlar ut för bland annat spolmagasin och ventilation, se Figur 13.

5.2.4.2 *Installationer*

Inredningen av anordningarna vid Smedslätten kommer att innefatta installationer av rör och ventiler. Dessutom kommer ett flertal betongkonstruktioner att anläggas, bl.a. i spolmagasinet samt betongvägg med rörgenomföringar mot den "torra" Mälarpassagen.

5.2.4.3 *Ventilationsanläggning Smedslätten*

Ventilationsanläggningen i Smedslätten anläggs i anslutning till och samtidigt med övriga installationer i Smedslätten.

För den nya skorstenen kommer schaktning ner till berget, raiseborrning samt gjutning och installation samt anläggande av skorstenen att utföras.

Arbeten inom dessa arbetsområden bedöms pågå ca 2 månader.

5.2.5 Utrymningsschakt

Sedan huvudtunneln färdigställt drivs utrymningsschakten med s.k. raiseborrning. De fem utrymningsschakten som mynnar på marknivå redovisas översiktligt på *Bilaga D 1. 2.*

I ett första skede sker schaktning ner till berget. Raiseborrning utförs sedan genom att en pilotborr först drivs från marknivå till tunneltak varpå den mindre borrkronan inifrån tunneln byts ut mot en s.k. rymmarkrona som utvidgar hålet då borrstången dras tillbaka upp till marknivån. Metoden är beprövad, skonsam för berget samt effektiv och de störande effekter som kan komma av drivningen är begränsade i både tid och rum. När borrarngen väl är genomförd förses schakten med betongsarg och lucka. När raiseborrning är utförd utförs även gjutning och installation.

Vid Vinterviken behöver även en gång- och cykelväg bräddas något för att säkerställa transporter till utrymningsschaktet.

Arbeten inom dessa arbetsområden bedöms pågå ca 2 månader.

5.2.6 Arbetsområde och etableringsområde vid påslag

I anslutning till påslagen vid arbets-/servicetunnlarnas infarter upprättas entreprenörens arbets- och etableringsområde. Dessa kommer att skilja till storlek och utseende beroende på omfattningen av de arbeten som ska utföras från respektive position. Områdena används bl. a. för upplag av material och utrustning och uppställning av arbetsbodar, miljöstation samt servicetält för fordon och arbetsmaskiner. Hit kommer materialtransporterna och härifrån utgår bergtransporterna. Mellanlagring eller omlastning av berg kommer dock inte att ske i anslutning till de för projektet aktuella etableringsytorna, utan de massor som sprängs ut i tunneln kommer att lastas på lastbilar inne i tunnelanläggningen.

Områdena kan disponeras på lite olika sätt och bestå av flera olika ytor. För bergarbeten av lite större storlek är det vanligt med ytor som upplåts till borrhjälper och andra bergmaskiner. En översikt över föreslagna utrymmesbehov listas nedan.

Tält och bodar:

- Verkstadstält med betongplatta
- Containrar för sopor, miljöstation, återvinning
- Sprängkista samt ett tändarskåp.
- SSE-tält
- Bodar
- Sedimentationscontainrar, oljeavskiljare

Uppställningsplats övriga maskiner:

- Lastmaskin
- Skrotningsmaskin
- Injektutrustning
- Sprutrobot
- Arbetsplattform
- Skylift
- Bilparkering för anställda

Materialupplag:

- Dieseltankar
- Upplag för cement och tillsatsmedel, bultar mm

Den totala etableringsytan för en bergentreprenör kan variera mellan 2 000-4 000 m² beroende på arbetets omfattning och möjligheten att placera utrustning inne i berganläggningen. När projektet är genomfört och anläggningarna är redo att tas i bruk kommer arbetsplatserna vid respektive etableringsområde att avetableras och marken att återställas. Infarten kommer att försees med en port samt en väg fram till porten.

De arbeten som utförs vid påslagen under de olika skedena beskrivs i kapitel 5.2.1. Som framgår pågår tunneldrivningsfasen under längst tidperiod då transporter av bergmassor sker från påslagen. Nedan följer en kort beskrivning av respektive etableringsyta.

Etableringsytan vid påslag A- Åkeshov förläggs på den gräsplan som ligger i direkt anslutning till mynningen (se figur avsnitt 5.2.8.1). Ytan är en gräsyta som ibland används som tillfällig parkering.

Etableringsytan vid påslag B- Smedslätten förläggs på den gräsplan som ligger direkt väster om mynningen (se figur avsnitt 5.2.8.2). Här finns idag en bollplan och en pulkabacke, som delvis kommer att behöva tas i anspråk under byggtiden. En förbättrad gångstig anläggs för att underlätta tillgängligheten till pulkabacken under byggskedet.

Etableringsområdet vid påslag C- Eolshäll förläggs vid en fotbollsplan (se figur avsnitt 5.2.8.3).

Etableringsområdet vid påslag D- Liljeholmen placeras på de hårdgjorda ytor som ligger i direkt anslutning till befintlig port (se figur avsnitt 5.2.8.4).

Etableringsområdet vid påslag E - Gullmarsplan delas upp mellan skogspartiet i mynningsens direkta anslutning och markerat område under Skanstullsbron (se figur avsnitt 5.2.8.5).

Etableringsområdet vid påslag F förläggs inom Stockholm Vattens egen fastighet (se figur avsnitt 5.2.8.6).

5.2.7 Mindre arbetsområden

Utöver etableringsområdena i anslutning till påslagen kommer också mindre tillfälliga arbetsområden att upprättas. En redogörelse för dessa områden lämnas nedan

5.2.7.1 Utrymningsschakt

Vid fyra utrymningsschakt (Källviken 1 och 2, Vinterviken och Hammarby) behöver mindre arbetsområden upprättas. Övriga utrymningsschakt anläggs från befintliga underjordsanläggningar samt vid det tillfälliga påslaget vid Eolshäll.

Arbetsområdena vid utrymningsschakten behöver vara ca 400 m² och visas i figurer nedan.



Figur 31 Arbetsområde utrymningsschakt Källviken 1



Figur 32 Arbetsområde utrymningsschakt Källviken 2



Figur 33 Arbetsområde/breddning gång- och cykelväg vid utrymningsschakt Vinterviken



Figur 34 Arbetsområde utrymningsschakt Hammarby

5.2.7.2 Skorstenen vid Smedsslätten

Vid skorstenen behövs ett arbetsområde om ca 500 m².

De arbeten som ska utföras vid skorstenen är schaktning ner till berget, raiseborrning samt gjutning och installation samt anläggande av skorstenen.

Arbeten inom detta arbetsområde bedöms pågå ca 2 månader.



Figur 35 Arbetsområde skorstenen Smedsslätten

5.2.7.3 Anslutning Bromma

Vid anslutning till befintliga tunnlar i Bromma behövs ett arbetsområde om ca 1 000 m². Dessutom behövs en ca 100 m lång byggväg. De arbeten som ska utföras är schaktning ner till berget, raiseborrning, strossning samt gjutning och installation. Arbeten inom arbetsområde bedöms pågå i ca 6 månader.

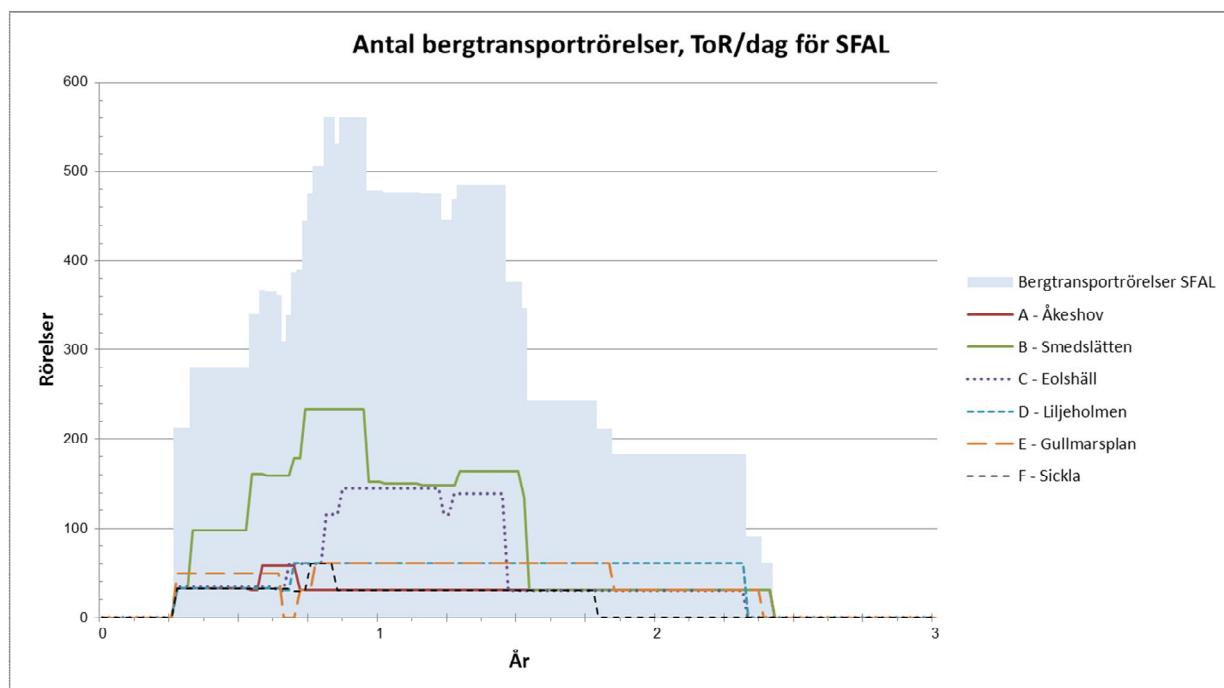


Figur 36 Arbetsområde anslutning Bromma

5.2.8 Byggtransporter

Byggskedet indelas i fem delskeden, se Figur 30. Under de två första skedena – etablering och inledande drivningsskede – kommer ett mindre antal transporter av bergmassor samt av maskiner och material att genomföras. Därutöver kan också eventuella jordmassor i förekommande fall behöva bortforslas från bl.a. påslagsläget.

Den stora mängden transporter sker under tunneldrivningen då ca 1,4 miljoner ton bergmassor ska transporteras. I grova tal innebär det 180 000 fordonsrörelser från tunneldrivningen under denna period. Per dygn kan transporterna variera mellan 200 fordonsrörelser och knappt 560 fordonsrörelser sammantaget från alla påslag. Under slutet av tunneldrivningsfasen är transportbehovet under 40 fordonsrörelser per dygn. En mer detaljerad beskrivning av fordonsrörelser från respektive påslag redovisas i Figur 37.



Figur 37. Bergtransporter; antal fordonsrörelser per helgfritt vardagsdygn per påslagsläge samt för hela avloppstunneln under drivningsskedet

I de efterföljande skedena är det främst under installationsskedet, när särskilt betong till tunnelgolvet ska levereras, som mer frekventa transporter kan förekomma. Under installationsfasen sker även transporter av bl.a. fyllnadsmaterial, asfalt och rör.

I följande avsnitt beskrivs transportvägen för respektive tunnelpåslag och de områden som måste passeras för att nå det övergripande vägnätet. Områdesbeskrivningen fokuseras på oskyddade trafikanter och verksamheter som skola och förskola anges tillsammans med trafikförutsättningar såsom bärighetsklass, gatustandard, skyltad hastighet, gång- och cykelbanor, kollektivtrafik samt fordonsmängder.

Alla tunnelpåslag utom Smedslätten och Eolshäll ligger nära eller invid vägar som i dag har en stor andel tung trafik och en hög bärighetsklass (BK1). Sicklaanläggningen ligger i direkt anslutning till det övergripande vägnätet med BK1-standard. I Åkeshov, Liljeholmen och vid Gullmarsplan kommer under ett par hundra meter transporter att ske på väg med lägre bärighetsklass.

Omfattningen av transporterna beskrivs och sätts i relation till transportvägens nuvarande trafikmängder. Trafikmängder för gatunätet har erhållits från Stockholm stad, Trafikkontoret där inte annat anges.

Trafikkontoret i Stockholm har vid samråd 2014-03-17 medgivit nyttjandet av transportvägarna.

5.2.8.1 Tunnelpåslag Åkeshov (A)



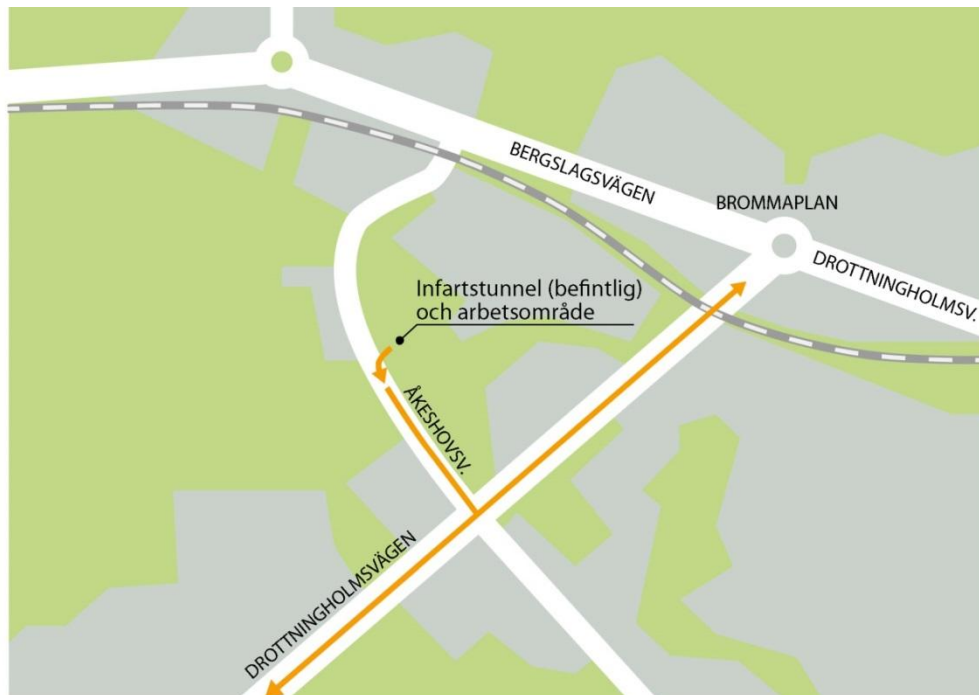
Figur 38. Befintligt tunnelpåslag, planerat arbetsområde och utfart.

I Åkeshov avses det befintliga tunnelpåslaget användas vid uttag av bergmassor (Figur 38). Tunnelpåslaget har idag utfart på Åkeshovsvägen, som är en BK2-väg. Vägen är tvåfältig och längs vägens västra sida finns en gång- och cykelbana.

Närmast övergripande vägnät är Drottningholmsvägen som ligger cirka 350 m från utfarten. Längs med denna 350 m långa sträcka av Åkeshovsvägen ligger på ena sida en ridanläggning, fotbollsplan och Teologiska högskolan. Utmed samma sida som påslaget är ett mindre grönområde beläget. Åkeshovsvägen är utpekad som ett huvudstråk i Stockholms cykelplan. Busstrafik förekommer inte.

Trafikmängder på Åkeshovsvägen uppgick år 2013 till cirka 4 000 fordon per dygn. Andelen tung trafik var 4 %.

Korsningen med Drottningholmsvägen är signalreglerad.



Figur 39. Transportväg från tunnelpåslag Åkeshov.

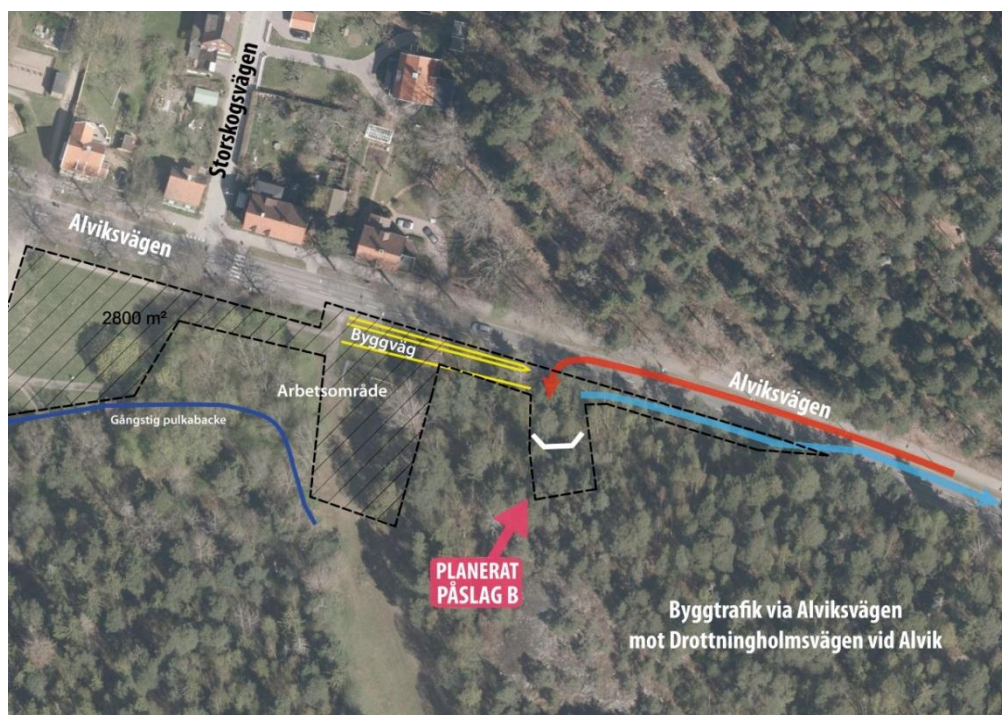
Drottningholmsvägen är en BK1-väg med trafikmängder på omkring 17 500 fordon per dygn. Kösituationer förekommer under högtrafiktider.

Mälaröbussarna och även bussar mot Danderyd, Mörby, Akalla och Spånga trafikerar Drottningholmsvägen. Brommaplans bussterminal har in- och utfart längs Drottningholmsvägen.

Totalt beräknas drygt ca 139 000 ton bergmassor tas ut under tunneldrivningsskedet på cirka 28 månader. Antalet fordonsrörelser bedöms variera mellan 30 – 60 per dygn och uppgå i medeltal till knappt 40 fordonsrörelser per dygn. Transporterna innebär att trafikmängderna på Åkeshovsvägen ökar med knappt 2 %. De tunga transporternas andel ökar från idag 4 % till drygt 5 %.

5.2.8.2 Tunnelpåslag Smedslätten (B)

Tunnelpåslaget i Smedslätten planeras i anslutning till Alviksvägen (Figur 40). Transporterna avses följa Alviksvägen österut (Figur 41). Vägen är en BK2-väg där den skyltade hastigheten på sträckan varierar mellan 30 km/h och 50 km/h. Vägen, som är skyltad som huvudväg, är tvåfältig med gångbanor på båda sidor. Närmaste BK1-väg är Drottningholmsvägen. Avståndet mellan tunnelpåslaget och Drottningholmsvägen är 2,4 km.



Figur 40. Planerat tunnelpåslag, planerat arbetsområde och utfart



Figur 41. Transportväg från tunnelpåslag Smedslätten

Utmed större delen av Alviksvägen ligger villor eller mindre flerbostadshus. Här finns även en del affärer och annan verksamhet samt Äppelviksskolan. Nära tunnelpåslaget finns villor med direkta utfarter. Gångbanor avskilda med en grönremsa finns på båda sidor av vägen (Figur 42).



Figur 42. Alviksvägen nära påslagsläget.

Något 10-tal meter norr om Jättestigen ansluter Nockebybanan längs vägens västra sida och löper parallellt med vägen cirka 1 km.

I Cykelplan 2012 redovisas hela Alviksvägen som ett huvudstråk för cykeltrafiken.

Anslutningen till Drottningholmvägen vid Alviksplan är signalreglerad. För Alviksvägen gäller lämna företräde.



Figur 43. Nockebybanan parallell med Alviksvägen

Trafikmängderna på Alviksvägen nära tunnelpåslaget – mellan Djurklouvägen och Solviksvägen uppgick 2012 till 2 600 fordon per dygn varav de tunga transporter svarade för 5 %. Fordonsmängderna stiger närmare Drottningholmsvägen och uppgick vid Ekstigen till 11 200 fordon per dygn. Andelen tung trafik är idag ca 6 %.

Totalt beräknas drygt 441 000 ton bergmassor tas ut under cirka 28 månader. Antalet fordonsrörelser kommer att variera mellan 30 – 260 fordonsrörelser per dygn och uppgå i medeltal till 120 fordonsrörelser per dygn.

I relation till trafikmängderna på Alviksvägen innebär tillskottet av transportrörelser i medeltal i anslutning till tunnelpåslaget en ökning av trafikmängderna med 5 %. Den tunga trafikens andel ökar från 5 % till i medeltal ca 9 % och till som mest ca 13 %.

Närmare Drottningholmsvägen innebär transportererna en ökning av trafikmängderna med 1 %. Transporterna av bergmassor medför att de tunga transporterernas andel i medeltal ökar från 6 % till ca 7 %.

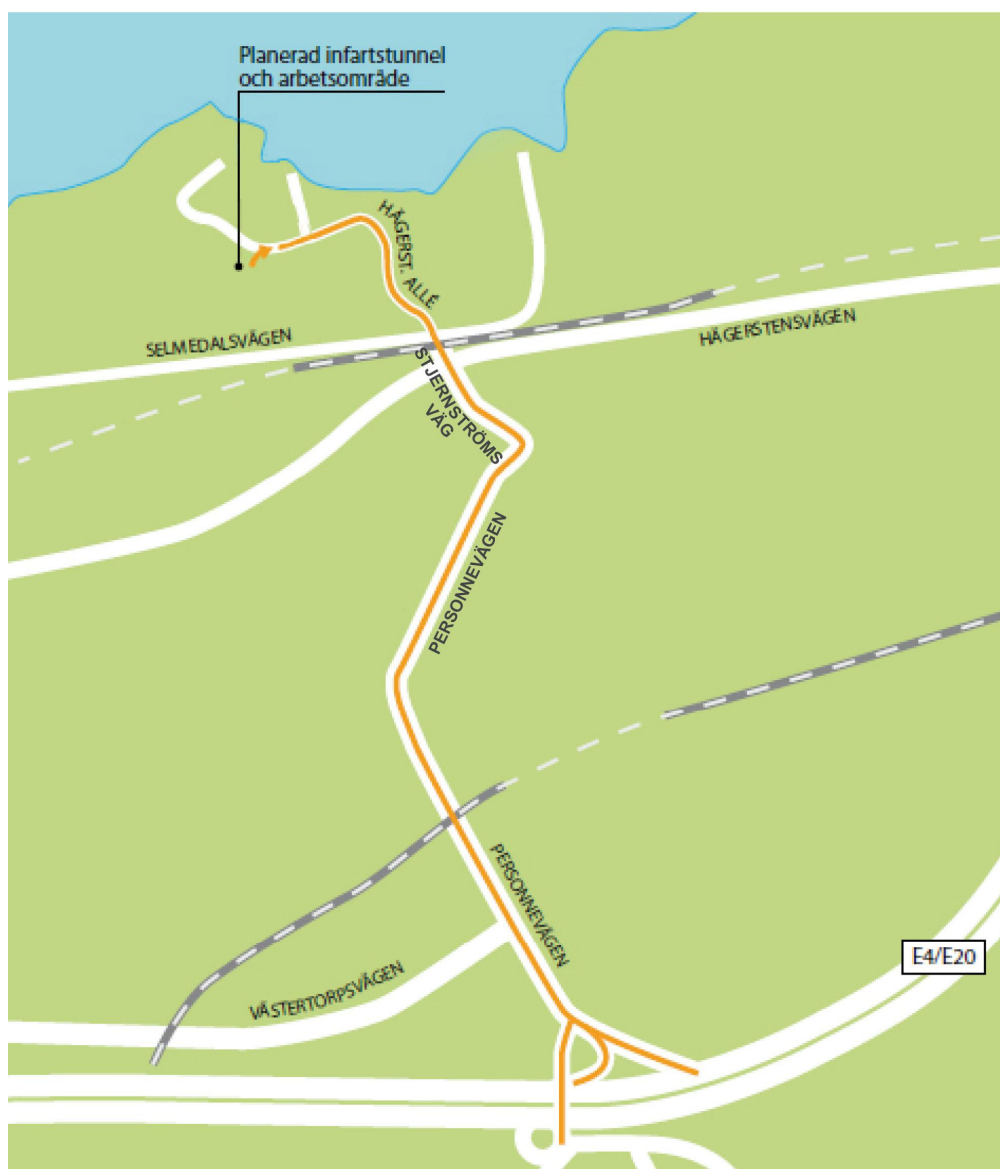
5.2.8.3 Tunnelpåslag Eolshäll (C)



Figur 44. Planerat tunnelpåslag, planerat arbetsområde och utfart

Planerat tunnelpåslag vid Eolshäll ligger vid fotbollsplanen enligt Figur 44 och transporter kommer att ske via Hägerstens allé. För att nå ut på det övergripande vägnätet bedöms därefter Stjärnströms väg/Personnevägen vara den bästa transportvägen (Figur 45). Avståndet mellan påslaget och det övergripande vägnätet E4/E20 är omkring 2,4 km.

Hägerstens allé är en lokalgata som på en kort sträcka har radhus med direkta utfarter (Figur 46). Övrig bebyggelse är flerbostadshus från vilka vägen nås genom samlade utfarter. Vägen är tvåfältig med gångbana på båda sidor.



Figur 45. Transportväg från tunnelpåslag Eolshäll



Figur 46. Hägerstens allé

Utmed Stjernströms väg (Figur 47) ligger villor med direkta utfarter och vägen har en skyltad hastighet på 30 km/h. Gatan har två körfält med gångbanor på båda sidor.

Personnevägen har karaktären av en uppsamlande gata i området. Busstrafik trafikerar gatan. Från Avgiftsvägen och söder ut mot Trafikplats Västertorp finns en parallell gång- och cykelväg. Personnevägen är tvåfältig och bebyggelsen är i huvudsak flerbostadshus utan direkta utfarter. Skyltad hastighet är 40 eller 50 km/h. Utmed Personnevägen finns förskola, fotbollsplan, och Västertorpshallen. Stjernströms väg och Personnevägen redovisas i Cykelplan 2012 som huvudstråk för cykeltrafiken.

Trafikmängderna på Hägerstens allé uppmättes 2012 till 730 fordon per dygn. Andelen tung trafik var 8 %. Trafikmängderna på Personnevägen år 2012 varierade från 7 300 fordon per dygn mellan Vasaloppsvägen och Piruettvägen till 12 100 fordon per dygn mellan Västertorpsvägen och trafikplats Västertorp.



Figur 47. Stjernströms väg



Figur 48. Personnevägen

Totalt beräknas drygt 265 000 ton bergmassor tas ut under cirka 26 månader. Antalet fordonsrörelser kommer att variera mellan 30 – 160 fordonsrörelser per dygn och uppgå i medeltal till knappt 70 fordonsrörelser per dygn.

I relation till trafikmängderna på Personnevägen innebär tillskottet av transportrörelser i medeltal en ökning av trafikmängderna med omkring 1 %. Transporterna av bergmassor medför att de tunga transporternas andel på Personnevägen ligger kvar på ca 7 %.

För Hägerstens allé innebär transporterna i medeltal en ökning av trafikmängderna med 10 % och en ökning av andelen tunga transporter från 8 % till ca 16 %. Under den period när transporterna är som intensivast uppgår andelen av tunga transporter till ca 24 %.

5.2.8.4 Tunnelpåslag Liljeholmen (D)



Figur 49. Befintligt tunnelpåslag, planerat arbetsområde och utfart.



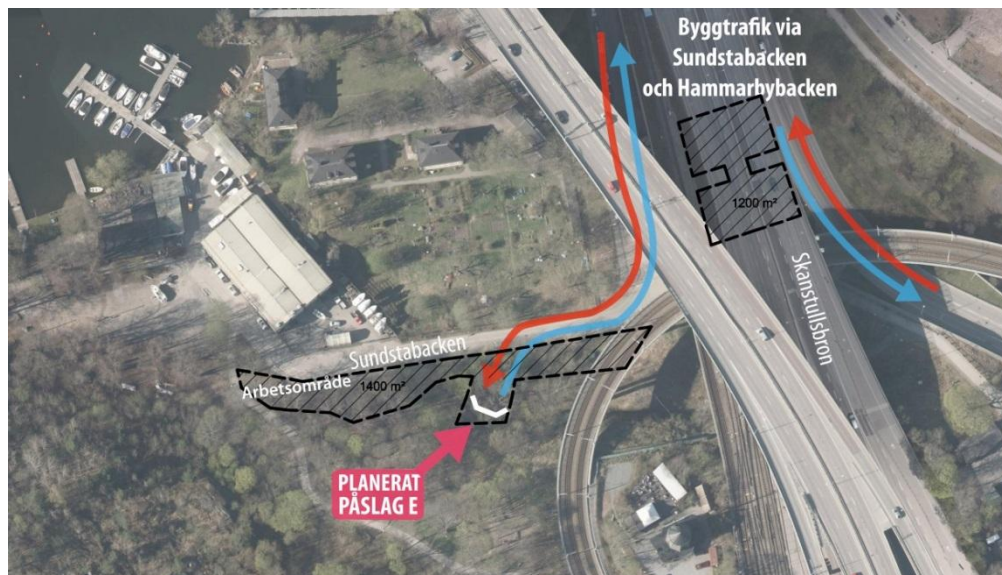
Figur 50. Transportväg från tunnelpåslag Liljeholmen

Vid Liljeholmen används infarten till det befintliga Liljeholmsgaraget som påslag för transporter in och ut från anläggningen. Utfarten ligger i direkt anslutning till Södertäljevägen som är en BK1-väg. Från Södertäljevägen nås E4/E20 (Figur 49). Tunnelpåslagets infart nås från det övergripande vägnätet via Södertäljevägen och Nybohovsbacken. Sträckan utmed Nybohovsbacken är knappt 200 m och omgivande bebyggelse är bostadshus med verksamheter i bottenvåningen.

Trafikmängderna på Södertäljevägen är stora.

Totalt beräknas drygt 213 000 ton bergmassor tas ut under cirka 26 månader. Antalet fordonsrörelser kommer att variera mellan 30 – 70 fordonsrörelser per dygn och uppgå i medeltal till omkring 60 fordonsrörelser per dygn. I relation till befintliga trafikmängder är tillskottet av transporter litet. Transporter av bergmassa kommer att undvikas under de tider på dygnet då vägsystemet är överbelastat.

5.2.8.5 Tunnelpåslag Gullmarsplan (E)



Figur 51. Planerat tunnelpåslag, planerat arbetsområde och utfart

Tunnelpåslaget vid Gullmarsplan, i anslutning till Sundstabacken, nås från Hammarbybacken som är klassad som en BK1-väg. Hammarbybacken har kopplingar både till Södra länken via Hammarbyvägen och till Nynäsvägen/Söderleden via Olaus Magnus väg och Arenavägen (Figur 52).



Figur 52. Transportväg från tunnelpåslag Gullmarsplan.

Sundstabacken, som är en privat BK3-väg, leder till en marina och småbåtsverksamhet. Det finns ingen bebyggelse i direkt anslutning till vägen men ett bostadsområde med några bostadshus finns cirka 50 - 100 m från påslaget. Johanneshovsbron passerar ovanför mellan bostäderna och Sundstabacken.



Figur 53. Översiktsbild

Gångbana finns utmed Sundstabackens östra sida längs vilken även parkering förekommer (Figur 53, Figur 54). Trafikmätningar för Sundstabacken saknas. Hammarbybacken har omkring 12 500 fordon per dygn.



Figur 54. Sundstabacken

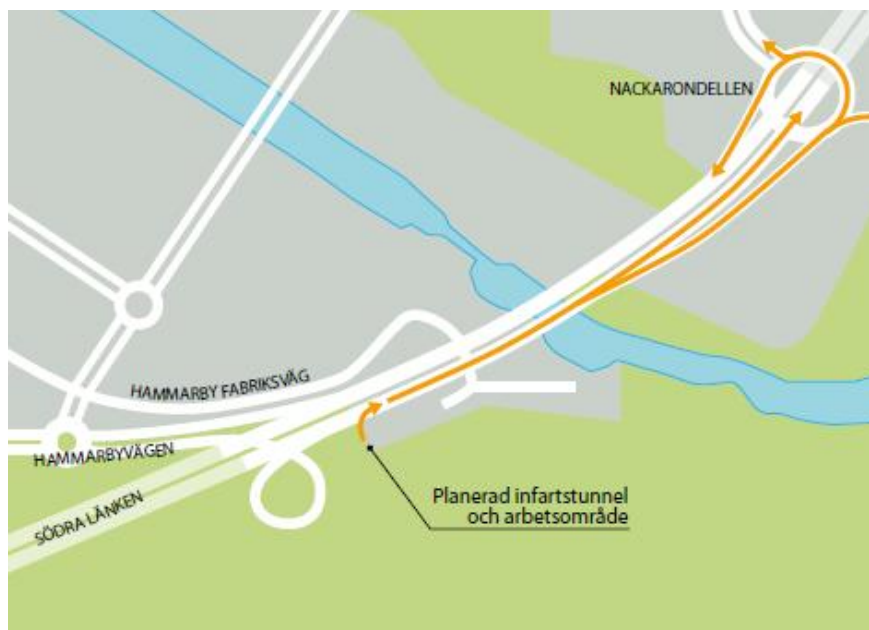
Totalt beräknas drygt 183 000 ton bergmassor tas ut under cirka 2,3 år. Antalet fordonsrörelser kommer att variera mellan 30–65 fordonsrörelser per dygn. I relation till trafikmängderna på Hammarbybacken är tillskottet av fordonsrörelser litet.

5.2.8.6 Tunnelpåslag Sickla (F)



Figur 55. Planerat tunnelpåslag, planerat arbetsområde och utfart

Som tunnelpåslag i Sicklaanläggningen avses befintlig infart till Sicklaanläggningen (påslag F1) användas (Figur 55). En tillfällig påfartsramp för byggtransporterna till väg 75 projekteras efter samråd med Trafikverket. Påfarten medför att transporterna ansluts direkt till det övergripande vägnätet med vägstandard BK1.

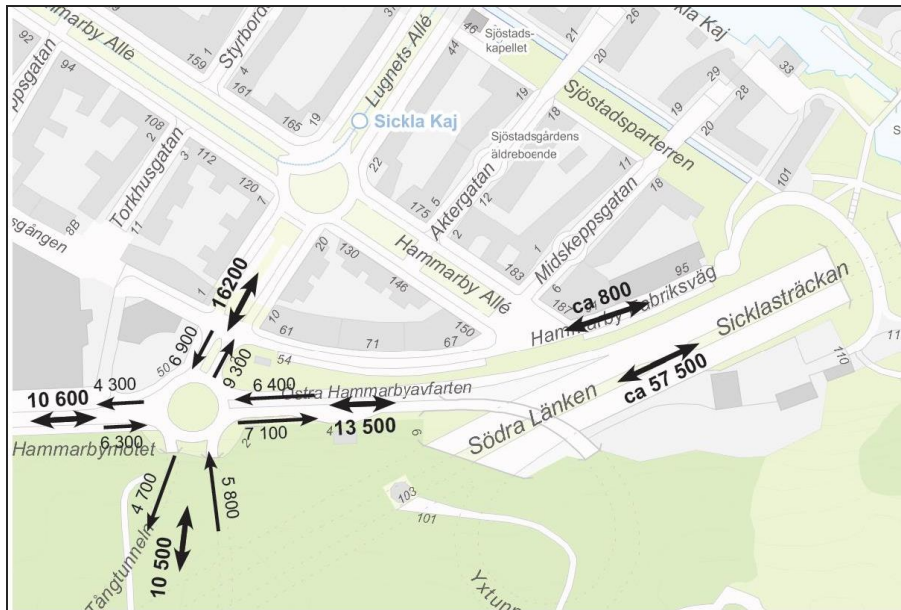


Figur 56. Transportväg via en tillfällig påfartsramp från tunnelpåslag Sickla.

Södra länken (riksväg 75, se Figur 56) är en stadsmotorväg mellan Essingeleden (E4/E20) och Värmdöleden (länsväg 222). Vägen har en skyltad hastighet på 70 km/h och är en BK1-väg. På den sträcka där den planerade påfartsrampen är tänkt att ansluta finns tre körfält i båda riktningarna. Trafikflöden i riktning mot Nacka på väg 75 där påfartrampen planeras uppgick till 36 000¹ fordon under ett dygn i april 2014.

I Figur 57 och Figur 58 redovisas trafikmängderna på Södra länken och i Nacka rondellen i anslutning till den nya påfarten från Sicklaanläggningen. Trafikmängderna anges i årsdygnstrafik (ÅDT) som är det genomsnittliga trafikflödet per dygn under ett år. ÅDT mäts i sorten fordon per dygn.

¹ Trafikdata från MCS portal 5,505 på väg 75



Figur 57. Trafikmängder Södra länken, fordon/ÅMD

Figur 58. Trafikmängder Nackarondellen

Transporterna förutsätts ske utanför rusningstrafik.

I relation till trafikmängderna på väg 75 är tillskottet av transporter litet.

6. Projektövergripande miljöeffekter

6.1 Buller

6.1.1 Buller i driftskedet

Under driftsfasen kommer huvuddelen av service och underhåll att ske från Smedsslätten vilket kommer att generera ett fåtal transporter dit.

6.1.2 Buller i byggskedet

Buller uppkommer under byggskedet. Nedan beskrivs de bullrande arbeten som ska utföras samt de bullerberäkningar som är utförda. Kontrollmätning av buller kommer att utföras då det påkallats av närboende och bullerbegränsande åtgärder kan komma att utföras.

Vi beräkning av ljudnivåer från byggbuller nedan har programvaran SoundPLAN 7.3 använts. Redovisning av ljudutbredning har gjorts för situationen 2 meter över mark. I ljudutbredningskartorna inkluderas fasadreflexer vilket ger upp till 3 dB(A) högre ljudnivå precis framför fasaderna. De värden som redovisas som punkter med siffervärden i ljudutbredningskartorna är frifältsvärden vilka är korrigerade för fasadreflex. Redovisade värden är de högsta ljudnivåer som vald fasad beräknas utsättas för oavsett höjd över mark. Ljudnivån är oftast högst på översta våningsplanet.

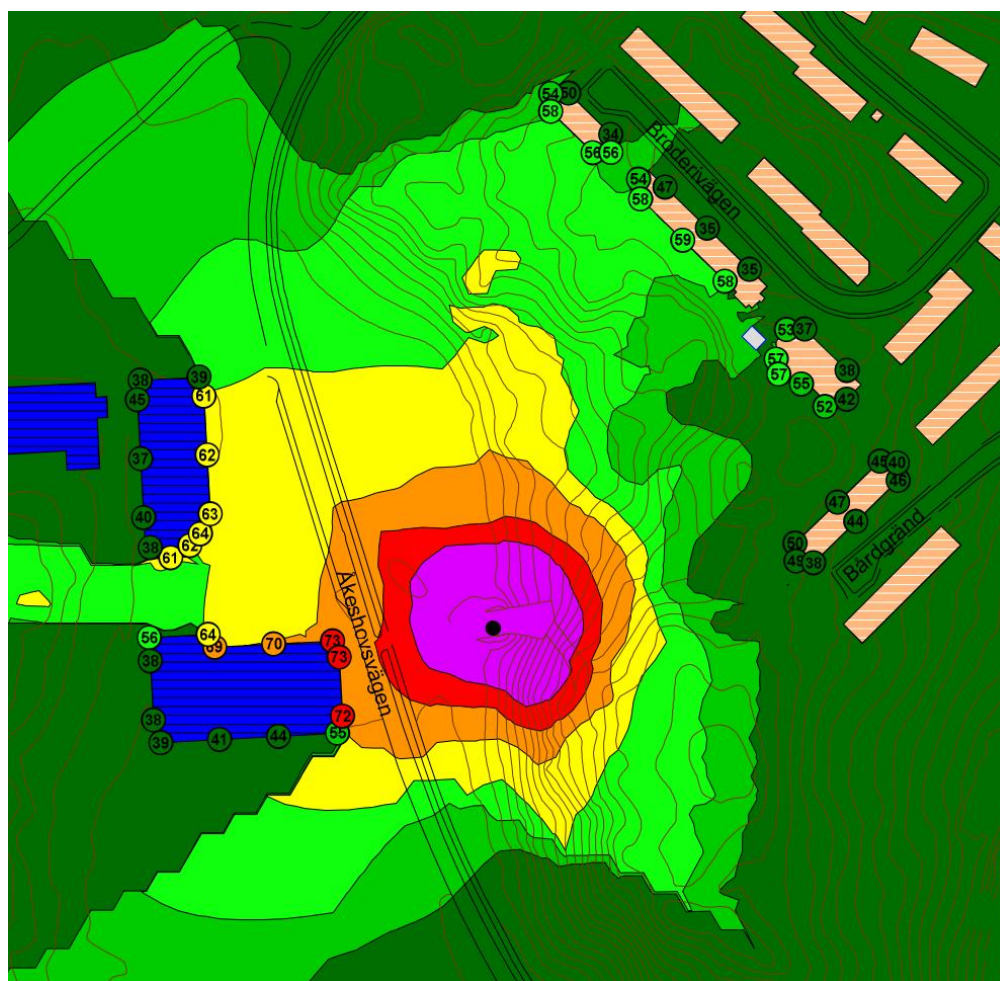
Även beräkningar av ljudnivåer från transporter vid påslagen har utförts. Ljudutbredningskartorna visar ljudnivå inklusive fasadreflex. Beräkningarna av ljudutbredning av maximala ljudnivåer har utförts enligt Nordiska beräkningsmodellen, rapport 4653 för vägtrafik. För ekvivalenta ljudnivåer har avsteg från standarden gjorts såtillvida att ett 8 timmarsvärde av trafik har ansatts i stället för standardiserade 24 timmarsvärde. Detta ger högre nivåer än standardiserade dygnsekvivalenta ljudnivåer. I det fall arbete kommer att ske i mer än 8 timmar/dygn sjunker den ekvivalenta ljudnivån. Beräkningarna har utförts med beräkningsprogrammet SoundPLAN version 7.1 samt 7.3.

6.1.2.1 *Buller vid påslagen under skedet förskärning och inledande tunneldrivning*

Då de sex påslagen ska iordningsställas kommer bullrande verksamhet att utföras. Vid Smedsslätten, Eolshåll och Gullmarsplan kommer markavtäckning, jordschakt och ovanjordssprängningar att utföras. Inga sprängningar kommer dock att utföras under nattetid. Vid Åkeshov och Sicklaanläggningen utförs strossning (dvs förstoring av befintligt påslag) och vid Liljeholmen utförs försvarsarbeten kring befintliga installationer.

Ljud från ovanjordssprängningar orsakar buller. Först borras salvhålen upp och när borrstålet ansätts mot berget klingar/bullrar det. Bullret minskar då borren kommer ner i berget. Hålen laddas sedan och berget sprängs vilket ger upphov till ett momentant ljud.

Tunnelpåslag Åkeshov (A)



Ekvivalent ljudnivå från salvbörning

dB(A), inkl fasadreflex

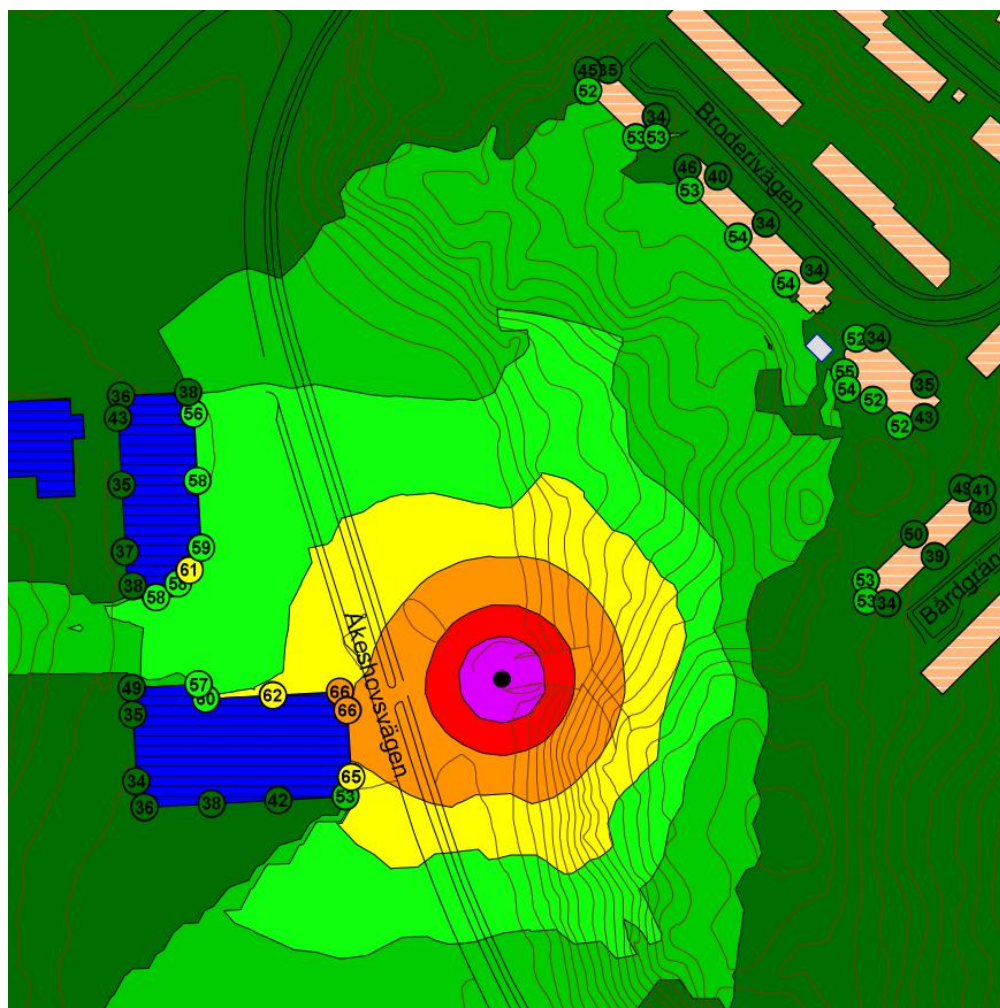
Siffrvärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

Teckenförklaring

	Bostäder
	Verksamheter
	Punktkälla
	Sophus
	Frifältsvärde

Figur 59 Befintligt Påslag A, Åkeshov Ekvivalent ljudnivå från salvbörning.
Ljudutbredning 2 m över mark samt som frifältsvärden.



**Ekvivalent ljudnivå
från schaktning sten**
dB(A), inkl fasadreflex

Siffervärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

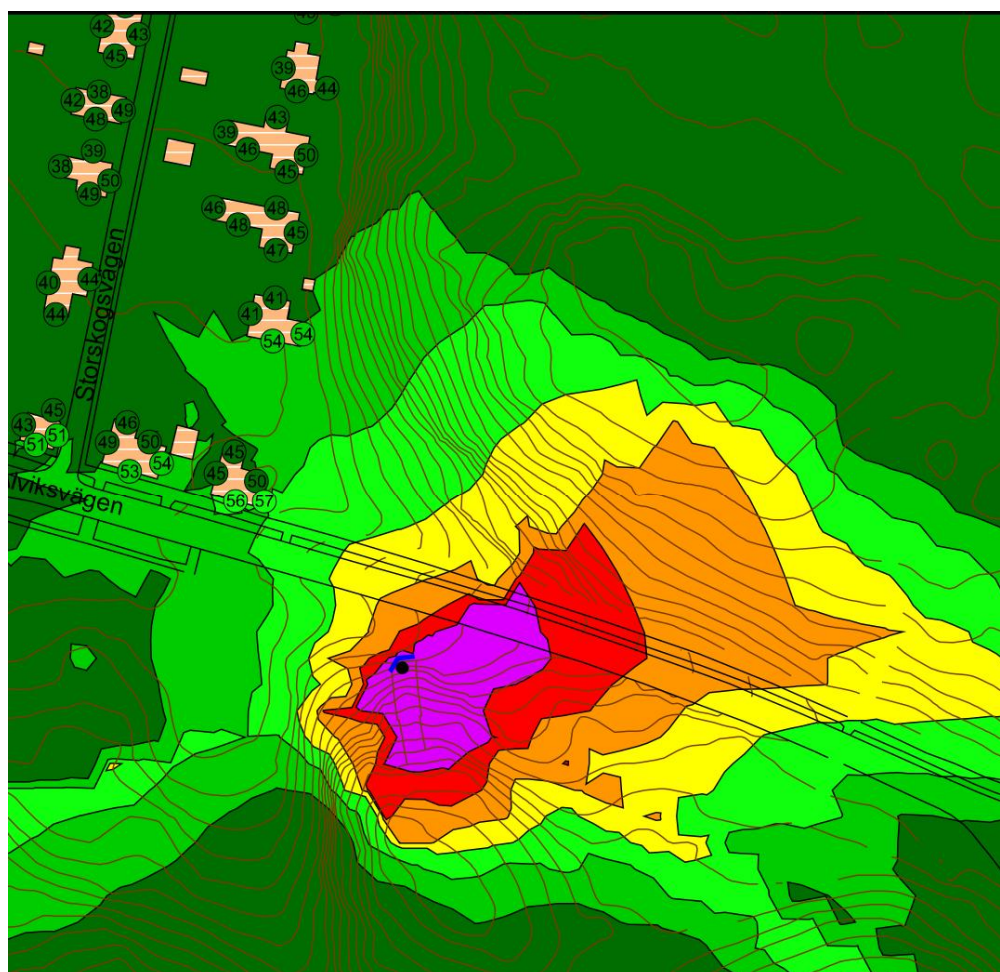
75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

Teckenförklaring

	Bostäder
	Verksamheter
	Punktkälla
	Sophus
	Frifältsvärde

Figur 60 Befintligt Påslag A, Åkeshov. Ekvivalent ljudnivå från schaktning av sprängsten. Ljudutbredning 2 m över mark samt som frifältsvärden.

Tunnelpåslag Smedslätten (B)



Ekvivalent ljudnivå från salvbörning

dB(A), inkl fasadreflex

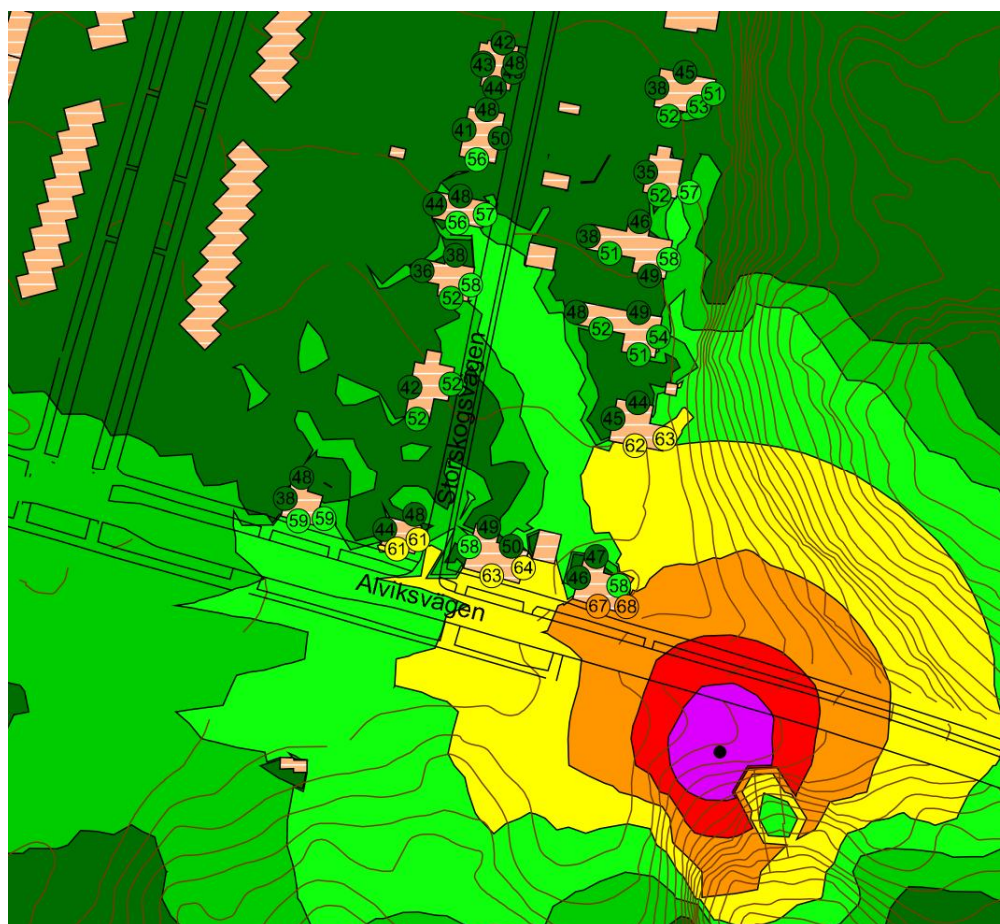
Siffrvärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

Teckenförklaring

- Bostäder
- Punktkälla
- Frifältsvärden
- 3 m hög bullerskärm

Figur 61 Planerat Påslag B, Smedslätten Ekvivalent ljudnivå från salvbörning med en 3 m hög bullerskärm Ljudutbredning 2 m över mark samt som frifältsvärden



**Ekvivalent ljudnivå
från schaktning sten**
dB(A), inkl fasadreflex

Siffervärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

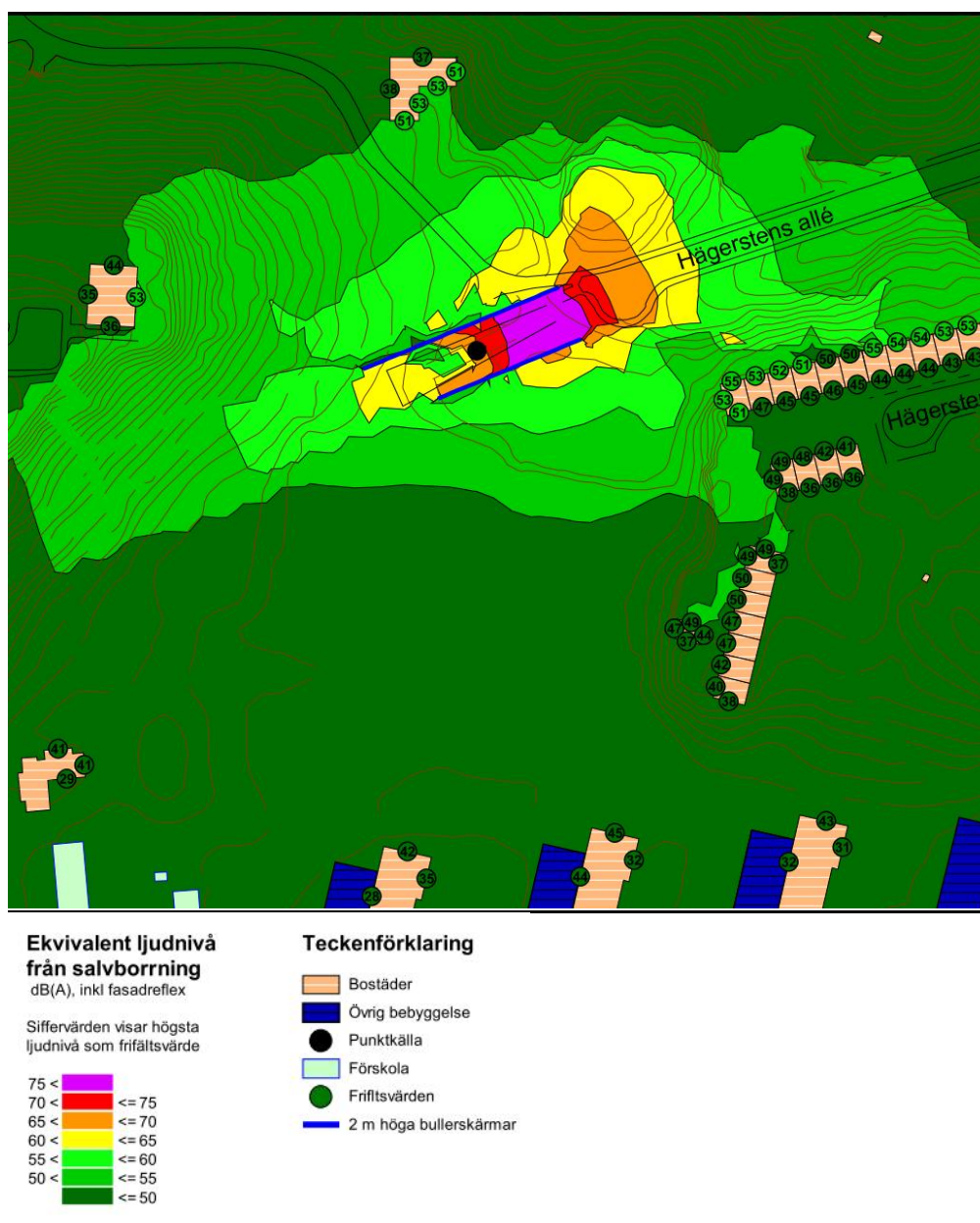
75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

Teckenförklaring

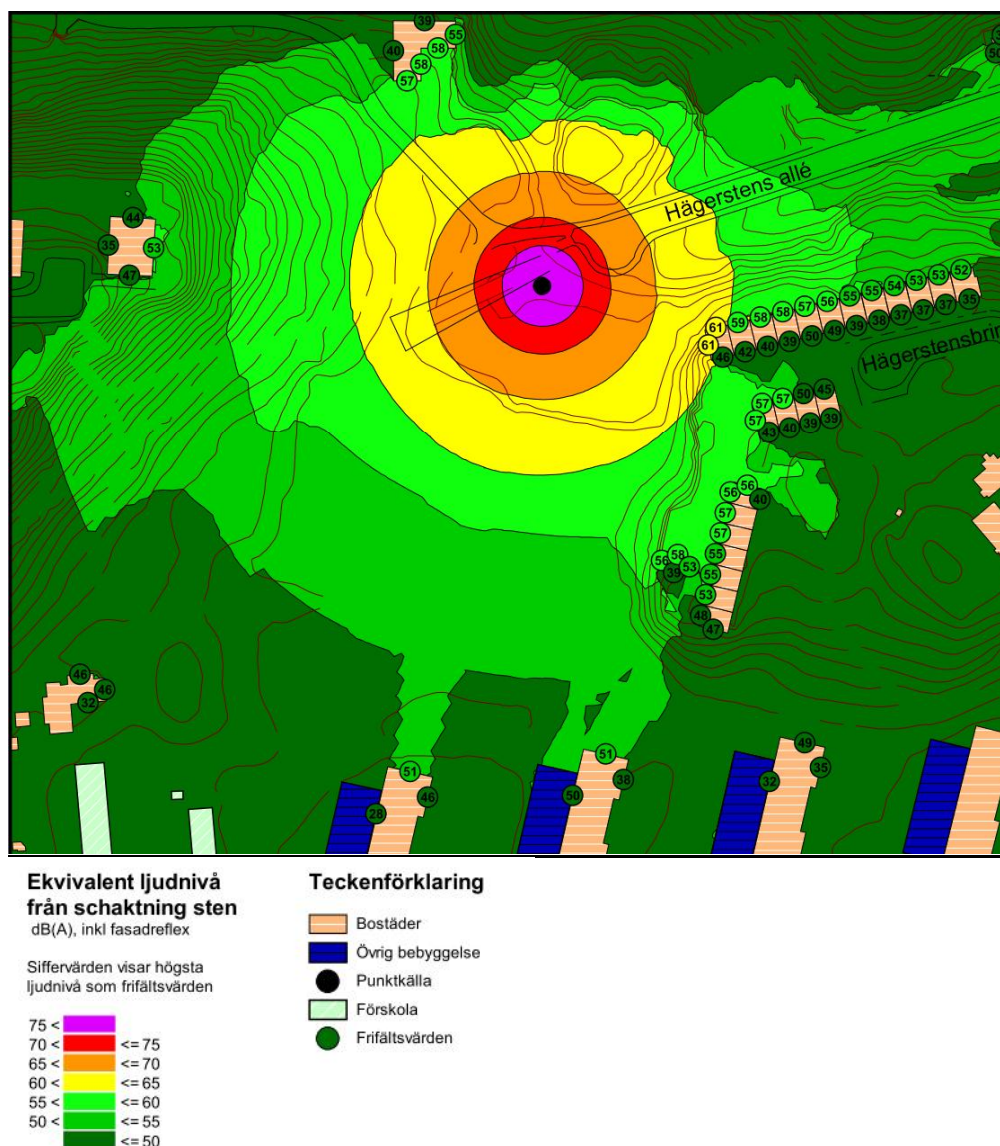
- Bostäder
- Punktkälla
- Frifältsvärden

Figur 62 Planerat Påslag B, Smedslätten Ekvivalent ljudnivå från schaktning sprängsten Ljudutbredning 2 m över mark samt som frifältsvärden

Tunnelpåslag Eolshäll (C)

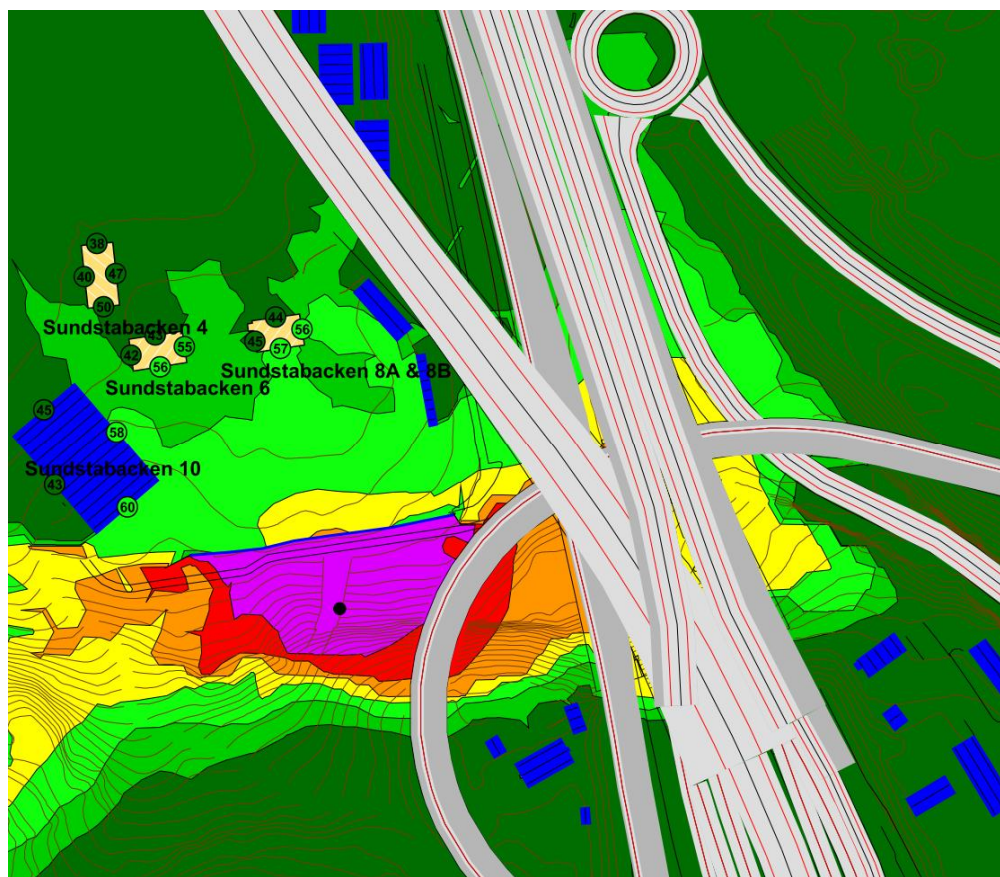


Figur 63 Planerat påslag Eolshäll Ekvivalent ljudnivå från salvbörning med 2 st, 2 m höga bullerskärmar 2 m över mark samt som frifältsvärden



Figur 64 Planerat påslag Eolshäll Ekvivalent ljudnivå från schaktning av sprängsten

Tunnelpåslag Gullmarsplan (E)



Ekvivalent ljudnivå salvborrning

dB(A), inkl fasadreflex

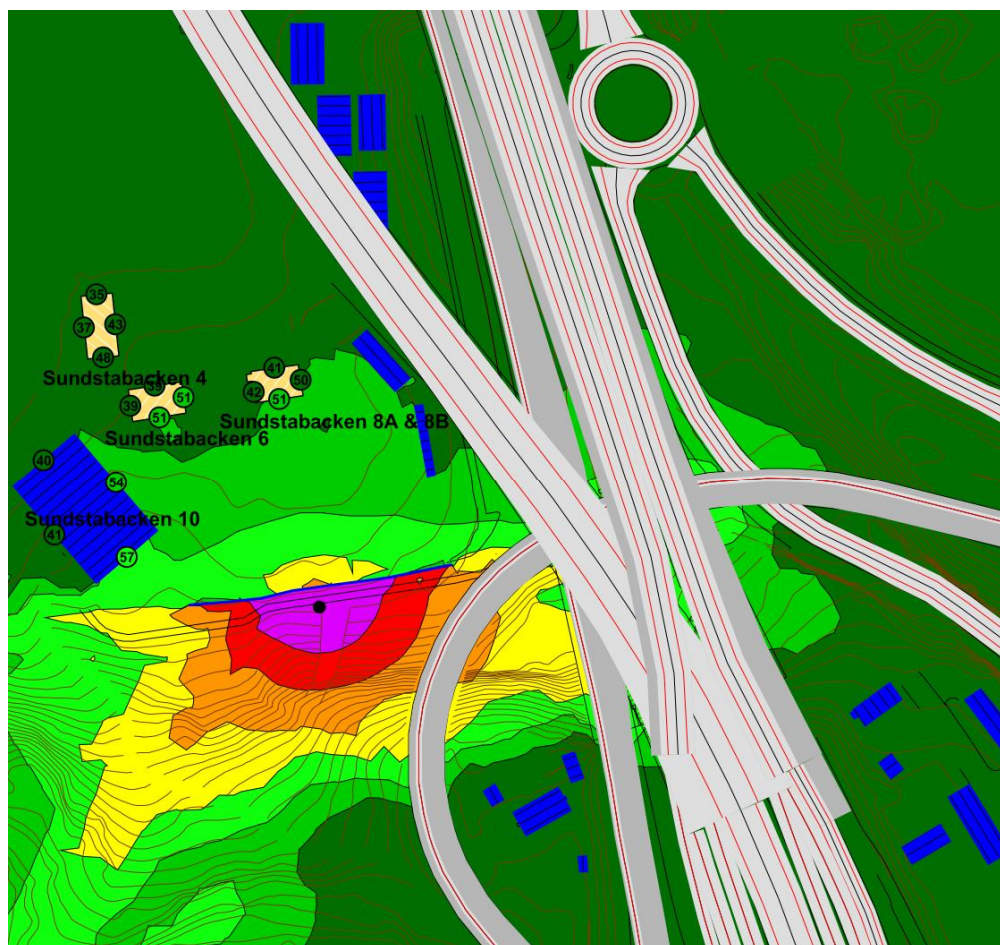
Siffervärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

Teckenförklaring

- Bostäder
- Verksamheter
- Punktkälla
- Frifältsvärden
- 4,5 m hög bullerskärm

Figur 65 Planerat Påslag E, Gullmarsplan Ekvivalent ljudnivå från salvborrning med en 4,5 m hög bullerskärm 2 m över mark samt som frifältsvärden



**Ekvivalent ljudnivå
schaktning sten**
dB(A), inkl fasadreflex

Siffrvärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

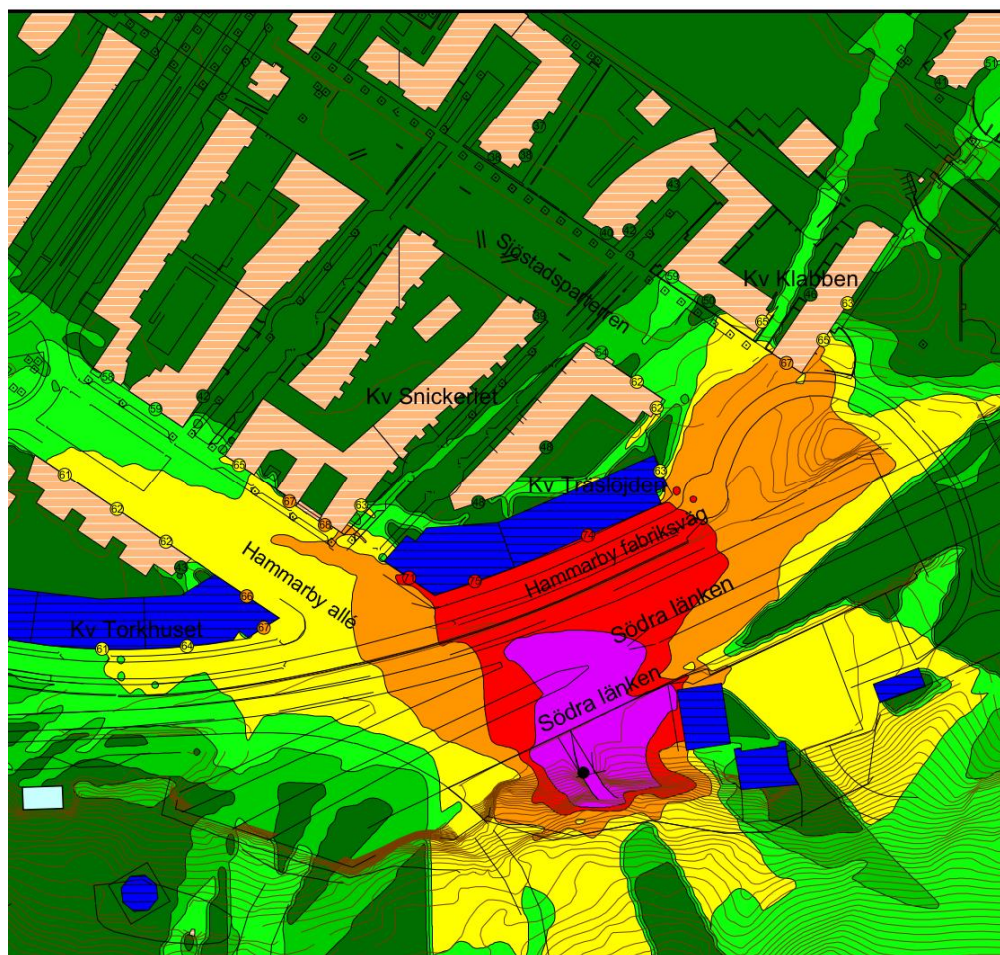
Teckenförklaring

- Bostäder
- Verksamheter
- Punktkälla
- Frifältsvärden
- 4,5 m bullerskärm

Figur 66 Planerat Påslag E, Gullmarsplan Ekvivalent ljudnivå från schaktning av sprängsten med en 4,5 m hög bullerskärm 2 m över mark samt som frifältsvärden

Tunnelpåslag Sicklaanläggningen (F)

Vid Sicklaanläggningen finns 3 påslag: F1, F2 och F3 där F1 används för utbyggnaden av Brommatunneln och således beskrivs i denna tekniska beskrivning. För att få en samlad bild av bullerutbredningen har dock bullerberäkning utförts från samtliga påslag, se nedan.



Ekvivalentnivå från salvbörning

dB(A), inkl fasadreflex

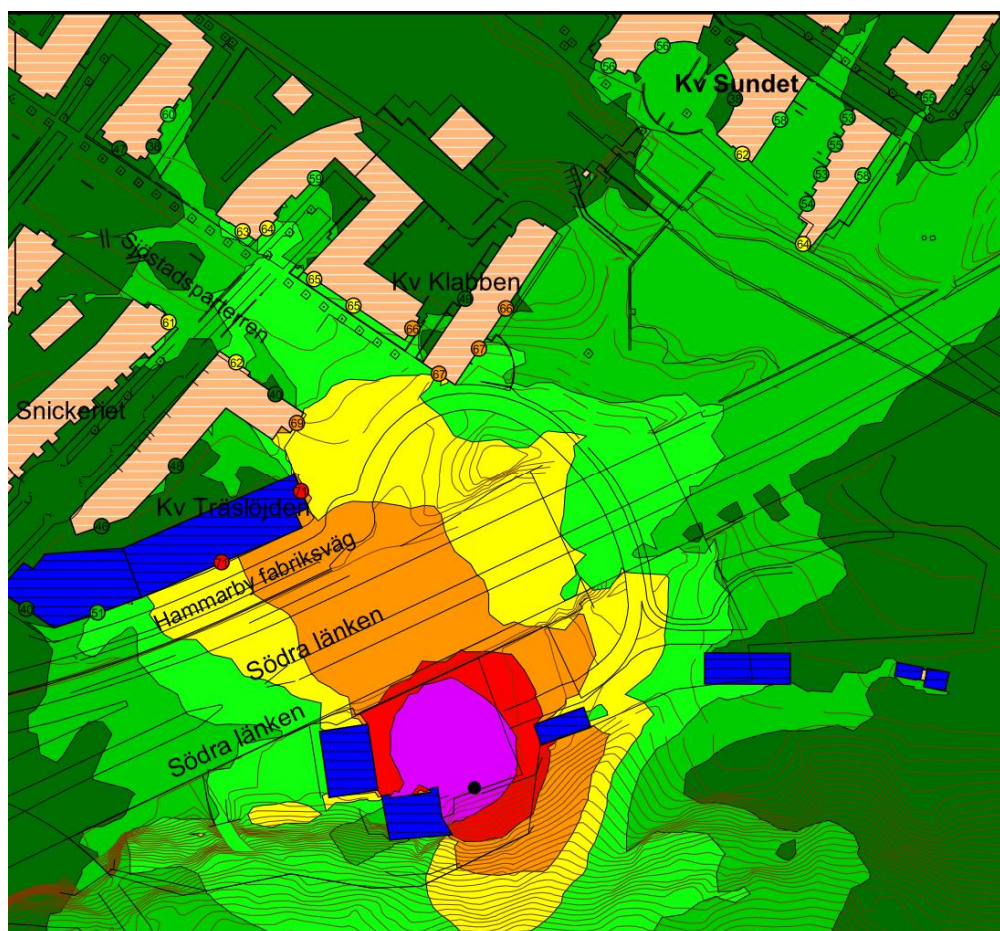
Siffervärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

75 <	
70 <	≤ 75
65 <	≤ 70
60 <	≤ 65
55 <	≤ 60
50 <	≤ 55
	≤ 50

Teckenförklaring

	Bostäder
	Ej bostäder
	Punktkälla
	Frifältsvärden

Figur 67 Befintligt påslag F1, Sickla Ekvivalent ljudnivå från salvbörning
Utbredning 2 m över mark samt som frifältsvärden



**Ekvivalentnivå
från salvbörning**
dB(A), inkl fasadreflex

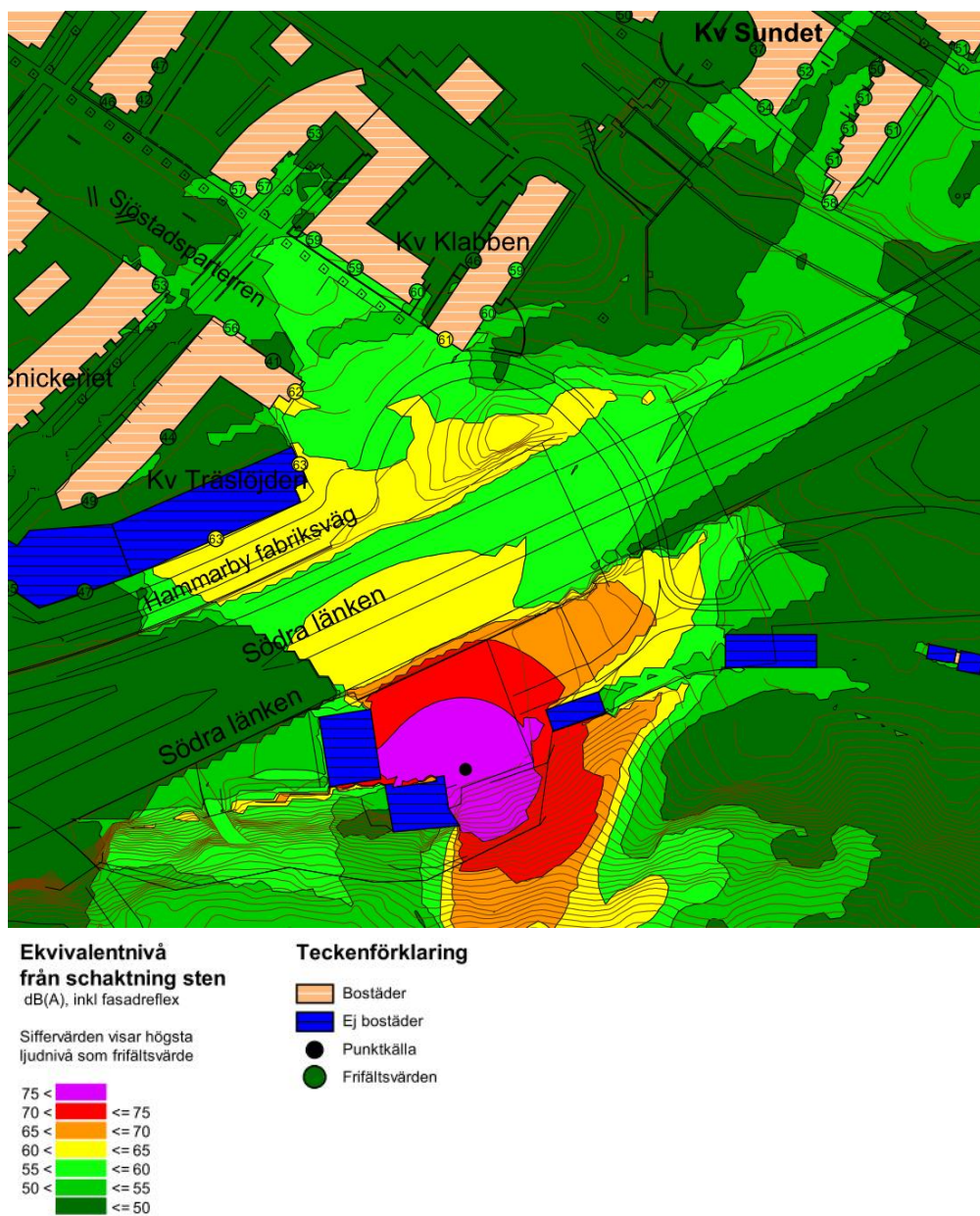
Siffrvärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

Teckenförklaring

- Bostäder
- Ej bostäder
- Punktkälla
- Frifältsvärden

Figur 68 Planerat påslag F3, Sickla Ekvivalent ljudnivå från salvbörning
Utbredning 2 m över mark samt som frifältsvärde



Figur 69 Planerat påslag F3, Sickla Ekvivalent ljudnivå från schaktning sprängsten
Utbredning 2 m över mark samt som frifältsvärden

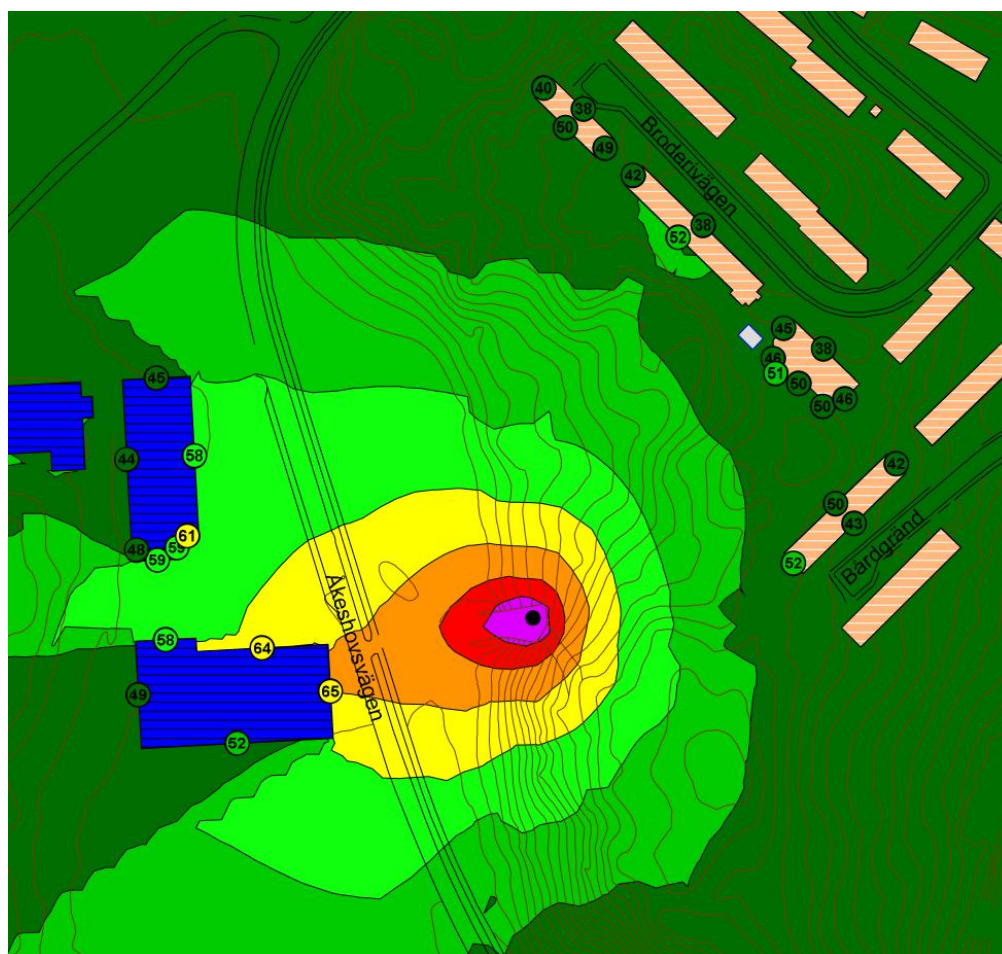
6.1.2.2 *Buller vid påslagen under skedet fortsatt tunneldrivning*

Då tunneldrivningen kommit en bit in i berget kommer även bullersituationen vid påslagen att förändras.

Då tunneln drivs kommer ventilation av tunneln att ske med fläkt som placeras vid tunnelmynningen. Efter sprängningen körs fläkten på maxkapacitet vilket orsakar buller, se buller beräkningar nedan.

Då spränggaserna ventilerats ut kommer bergmassorna från tunneln att transporteras ut genom påslagen. Även beräkningar av ljudnivåer från transporter vid påslagen redovisas nedan. Antalet fordonsrörelser från bergtransporter vid respektive påslag redovisas i kap 5.2.8 som ett spann. Vid bullerberäkningen har dock det högsta trafikflödet ansatts och endast tung trafik är satt som källdata i beräkningsmodellen.

Tunnelpåslag Åkeshov (A)



Ekvivalent ljudnivå från ventilationsfläkt

dB(A), inkl fasadreflex

Siffrvärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

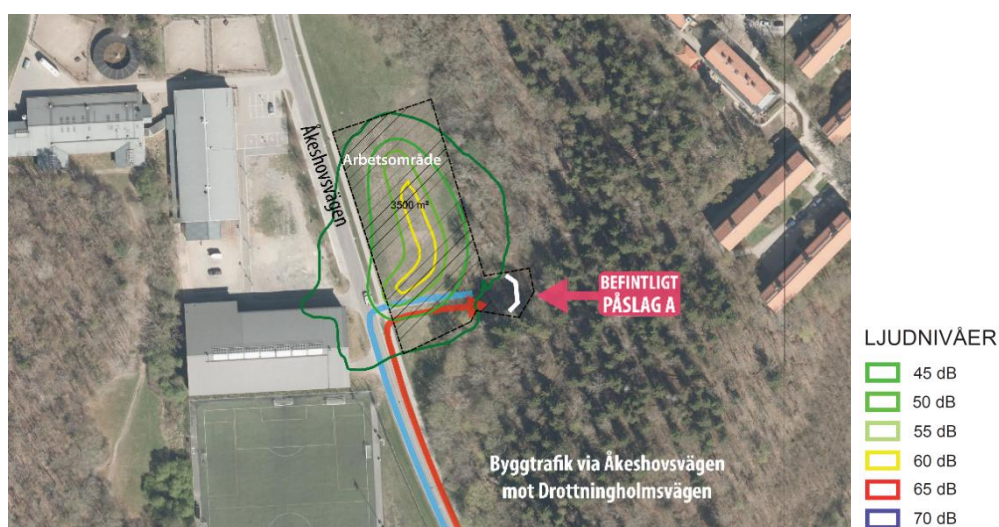
Teckenförklaring

	Bostäder
	Verksamheter
	Ventilationsfläkt
	Sofhus
	Frifältsvärde

Figur 70 Befintligt Påslag A, Åkeshov Ekvivalent ljudnivå från ventilationsfläkt vid maxforcering Ljudutbredning 2 m över mark samt som frifältsvärden.

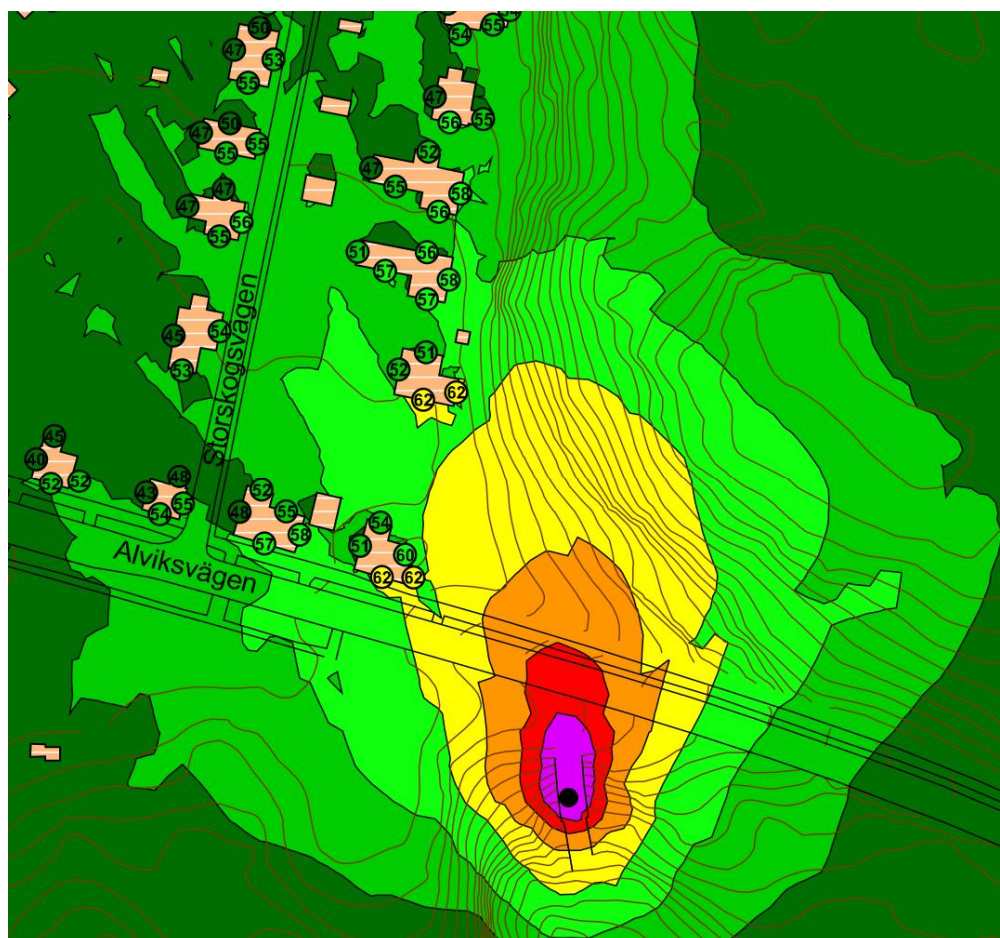


Figur 71. Befintligt påslag A, Åkeshov. Maximal ljudnivå inklusive fasadreflex.



Figur 72. Befintligt påslag A, Åkeshov. Ekvivalent ljudnivå inklusive fasadreflex vid 60 fordonsrörelser per dag.

Tunnelpåslag Smedslätten (B)



Ekvivalent ljudnivå från ventilationsfläkt

dB(A), inkl fasadreflex

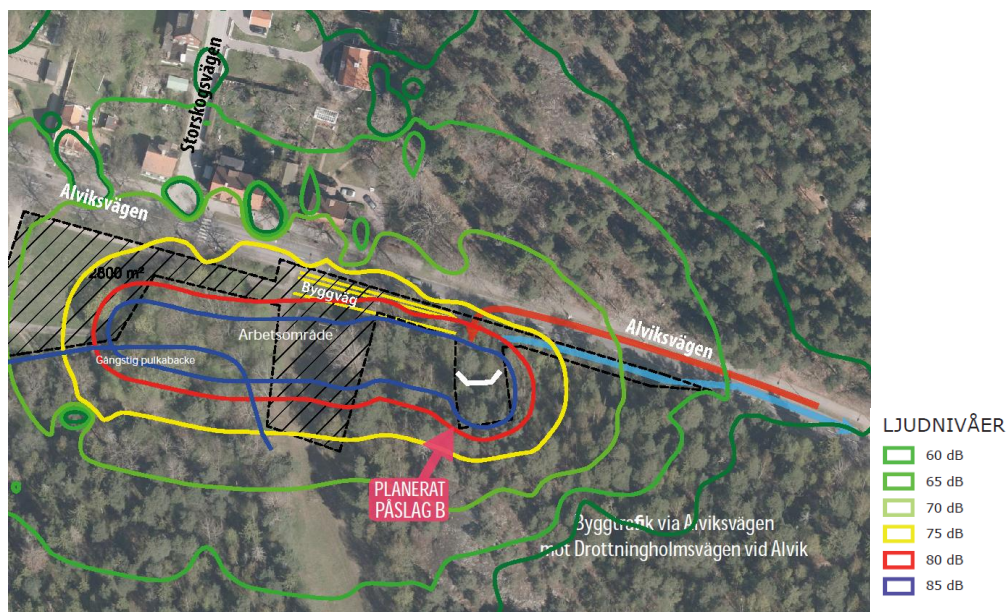
Siffervärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärden

75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

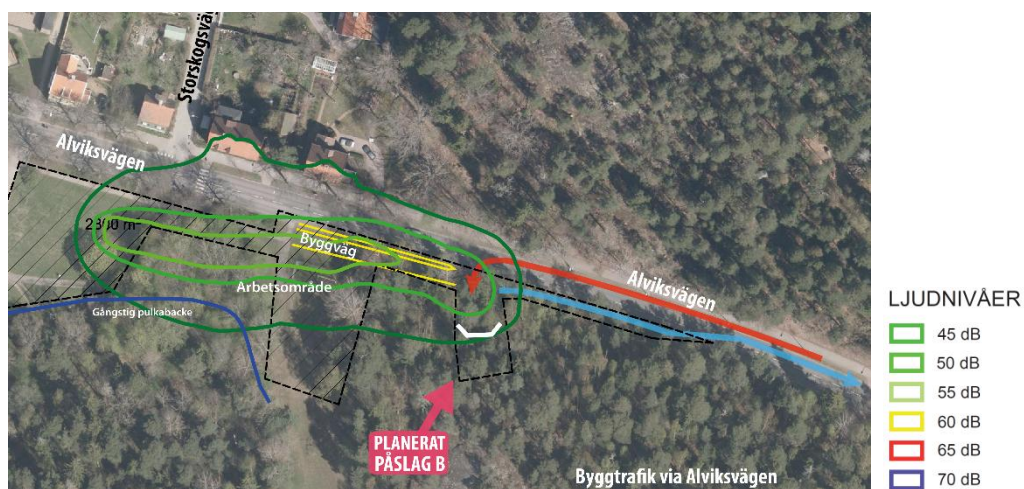
Teckenförklaring

- Bostäder
- Ventilationsfläkt
- Frifältsvärden

Figur 73 Planerad Påslag B, Smedslätten Ekvivalent ljudnivå från ventilationsfläkt
Utbredning 2 m över mark samt som frifältsvärden.

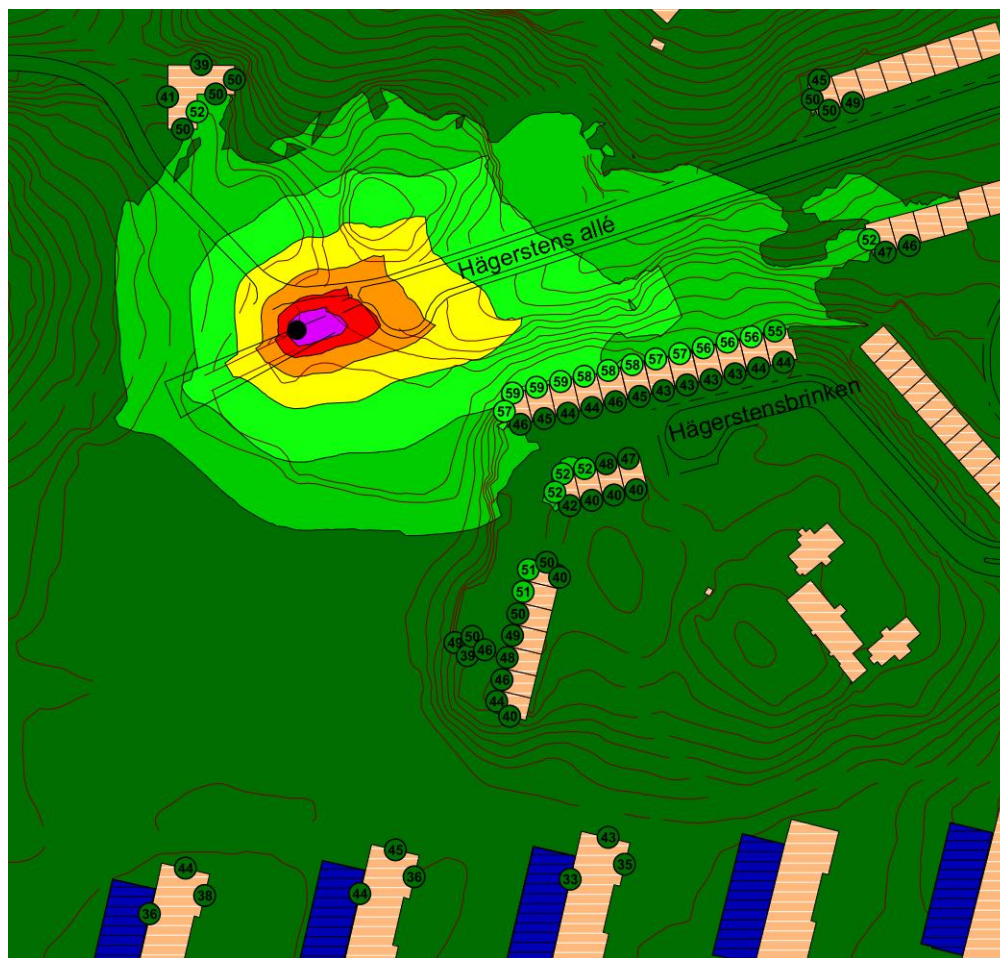


Figur 74. Påslag B, Smedslätten. Maximal ljudnivå inklusive fasadreflex.



Figur 75. Påslag B, Smedslätten. Ekvivalent ljudnivå inklusive fasadreflex vid 260 fordonsrörelser per dag.

Tunnelpåslag Eolshäll (C)



**Ekvivalent ljudnivå
från ventilationsfläkt**
dB(A), inkl fasadreflex

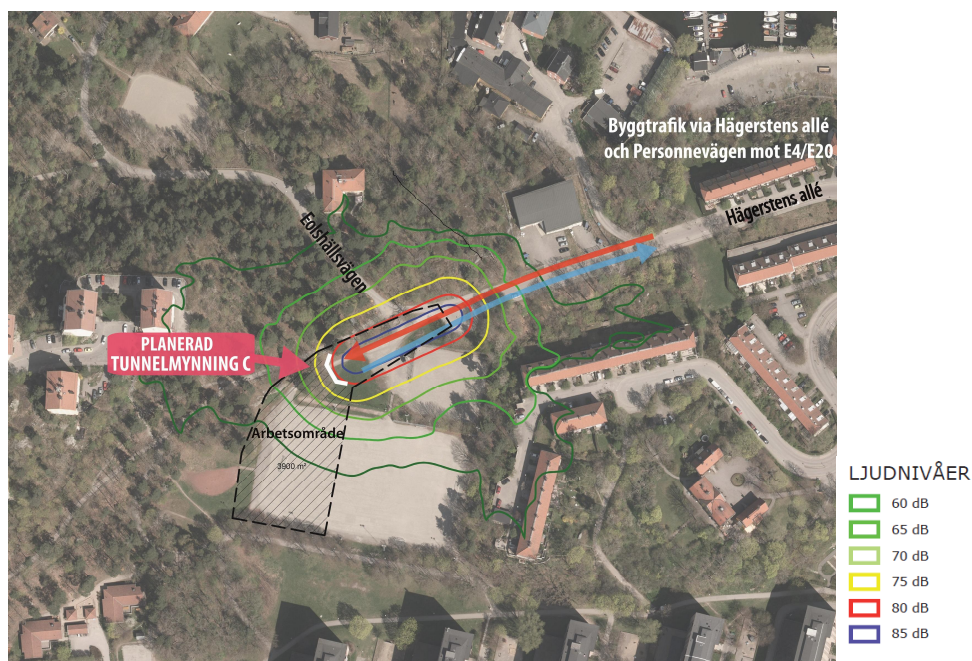
Siffervärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärden

75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

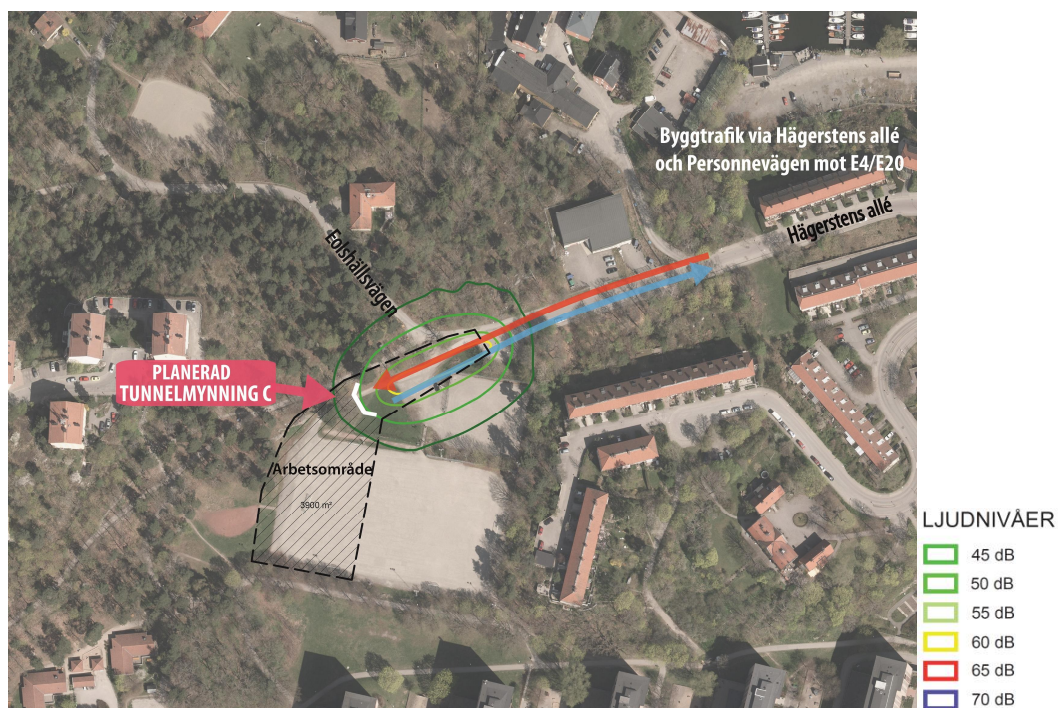
Teckenförklaring

	Bostäder
	Övrig bebyggelse
	Högtrycksfläkt
	Förskola
	Frifältsvärden

Figur 76 Planerat påslag Eolshäll Ekvivalent ljudnivå från ventilationsfläkt
Utbredning 2 m över mark samt som frifältsvärden

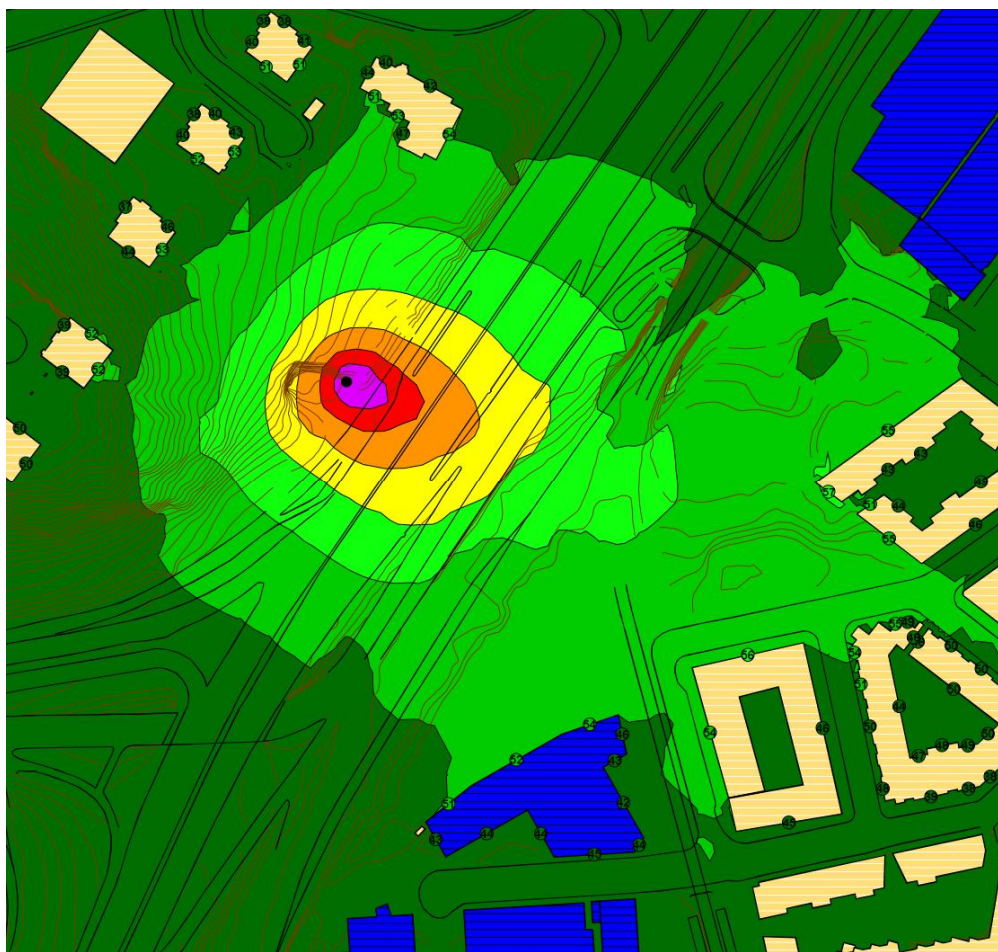


Figur 77 Påslag C, Eolshäll. Maximal ljudnivå inklusive fasadreflex.



Figur 78 Påslag C, Eolshäll. Ekvivalent ljudnivå inklusive fasadreflex vid 160 fordonsrörelser per dag.

Tunnelpåslag Liljeholmen (D)



**Ekvivalent ljudnivå
från ventilationsfläkt**
dB(A), inkl fasadreflex

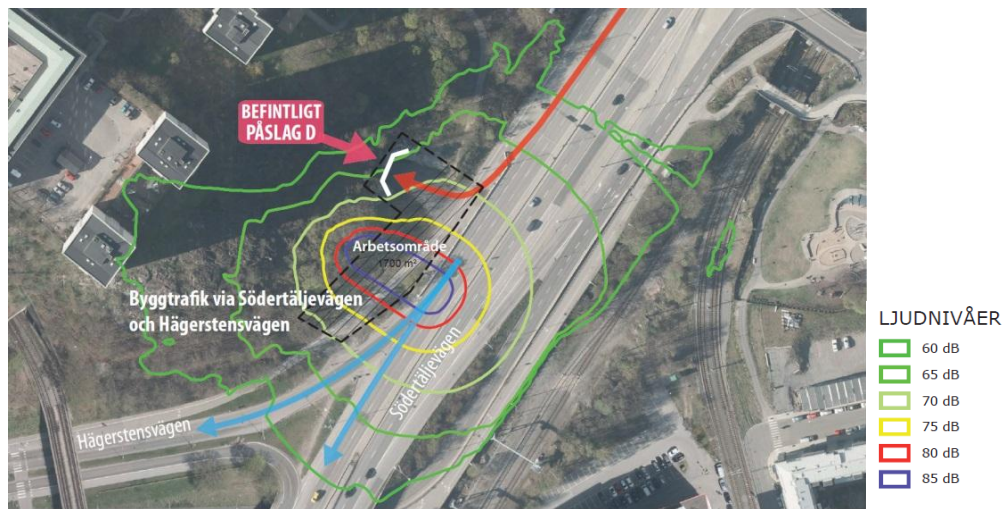
Siffervärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

75 <	
70 <	<= 75
65 <	<= 70
60 <	<= 65
55 <	<= 60
50 <	<= 55
	<= 50

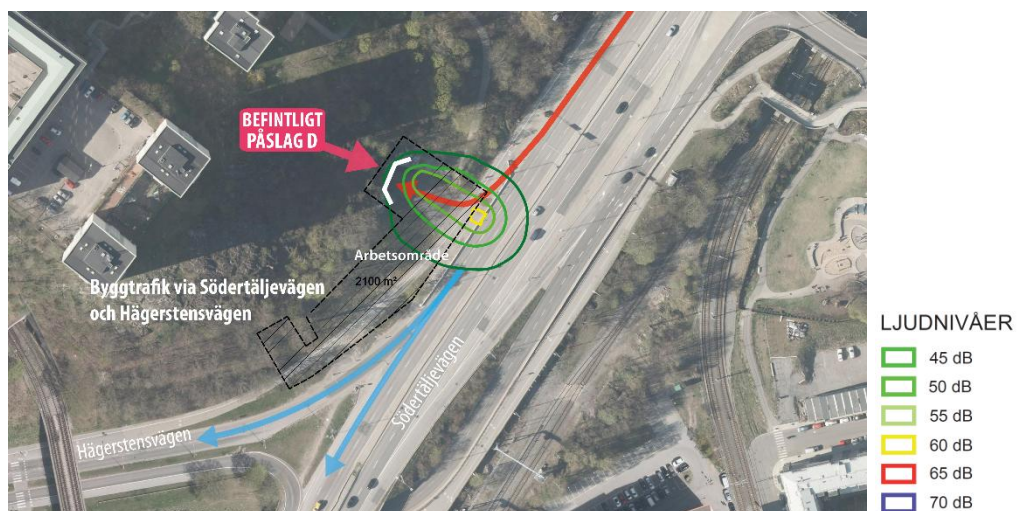
Teckenförklaring

- Bostäder
- Verksamheter
- Frifältsvärden
- Ventilationsfläkt

Figur 79 Befintligt Påslag D, Liljeholmen Ekvivalent ljudnivå från ventilationsfläkt 2 m över mark samt som frifältsvärden.

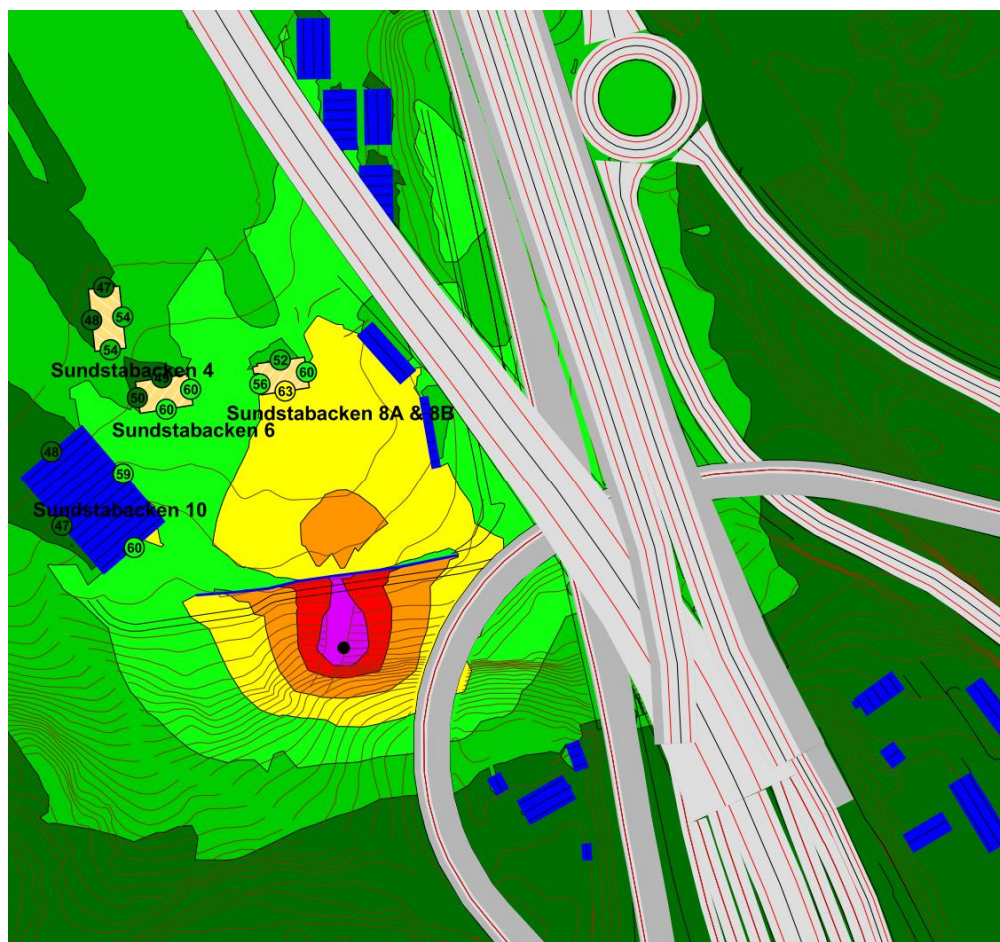


Figur 80 Påslag D, Liljeholmen. Maximal ljudnivå inklusive fasadreflex.



Figur 81 Påslag D, Liljeholmen. Ekvivalent ljudnivå inklusive fasadreflex vid 70 fordonrörelser per dag.

Tunnelpåslag Gullmarsplan (E)



**Ekvivalent ljudnivå
ventilationsfläkt**
dB(A), inkl fasadreflex

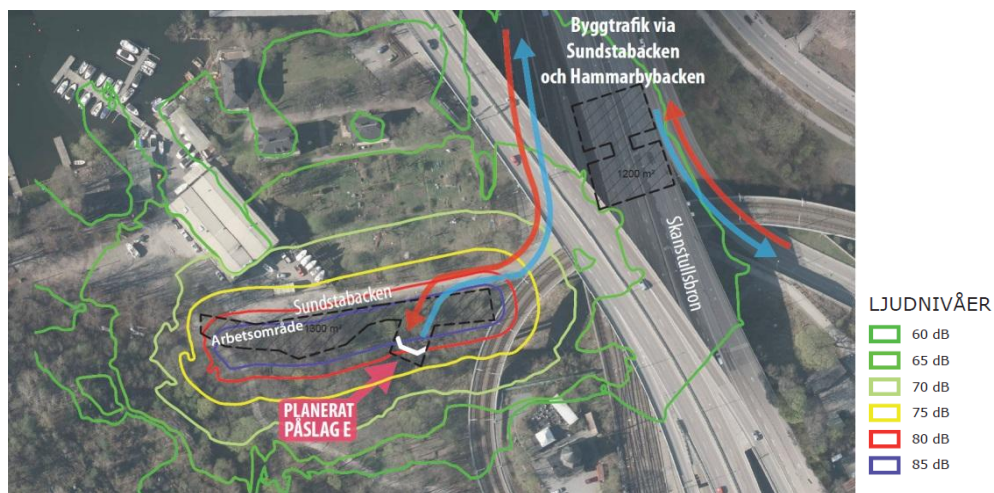
Siffrvärden visar högsta
ljudnivå som frifältsvärde

75 <		
70 <		<= 75
65 <		<= 70
60 <		<= 65
55 <		<= 60
50 <		<= 55
		<= 50

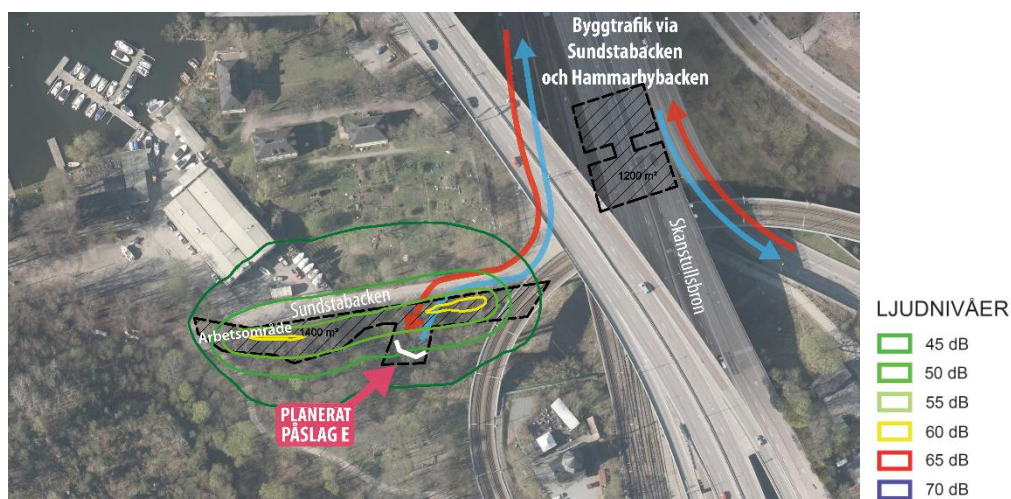
Teckenförklaring

- Bostäder
- Verksamheter
- Ventilationsfläkt
- Frifältsvärden
- 4,5 m hög bullerskärm

Figur 82 Planerat Påslag E, Gullmarsplan Ekvivalent ljudnivå från ventilationsfläkt med en 4,5 m hög bullerskärm 2 m över mark samt som frifältsvärden



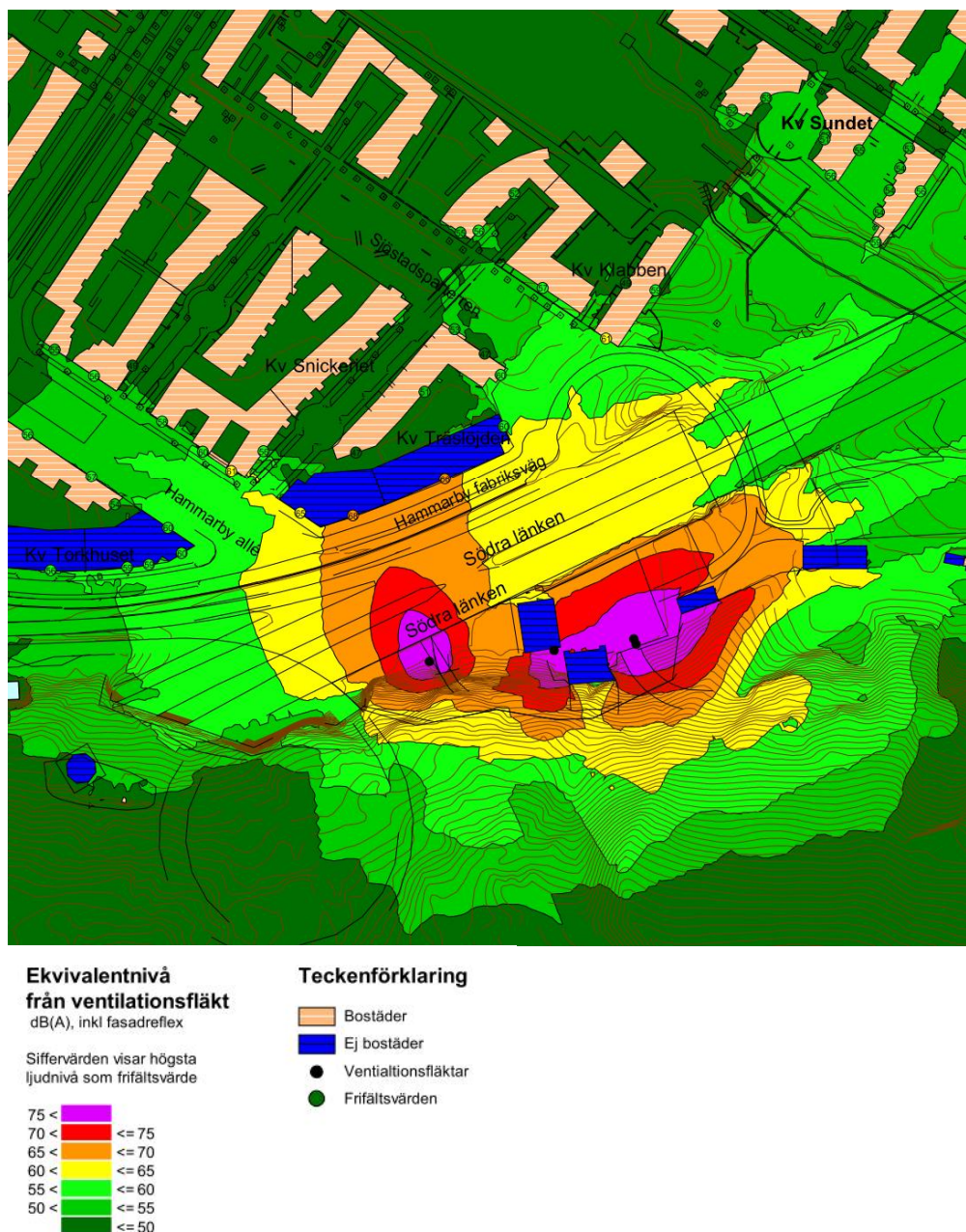
Figur 83 Påslag E, Gullmarsplan. Maximal ljudnivå inklusive fasadreflex.



Figur 84 Påslag E, Gullmarsplan. Ekvivalent ljudnivå inklusive fasadreflex vid 65 fordonsrörelser per dag.

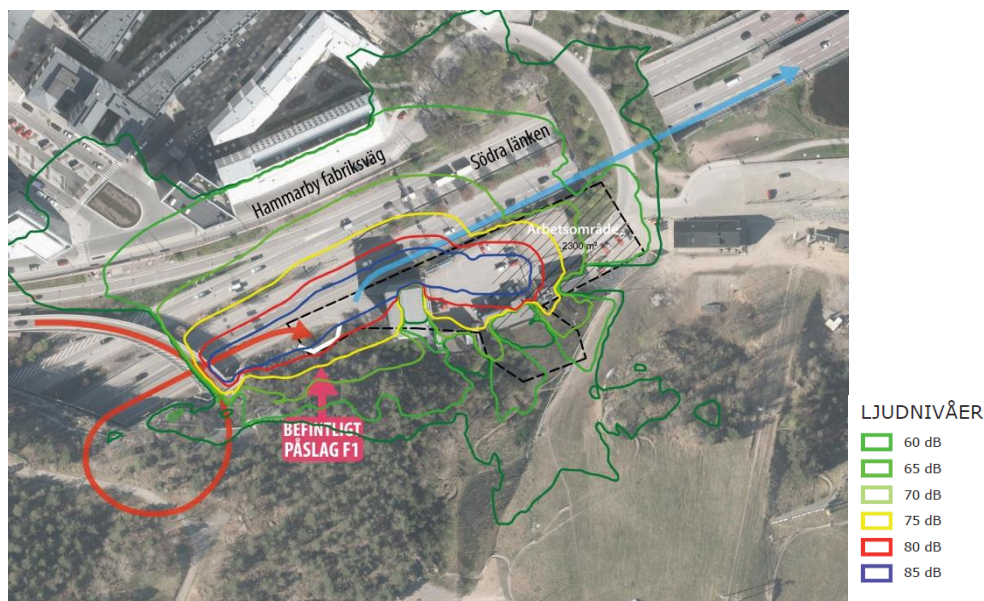
Tunnelpåslag Sicklaanläggningen (F)

Vid Sicklaanläggningen finns 3 påslag: F1, F2 och F3 där F1 används för utbyggnaden av Brommatunneln och således beskrivs i denna tekniska beskrivning. För att få en samlad bild av bullerutbredningen har dock bullerberäkning utförts från samtliga påslag, se nedan.

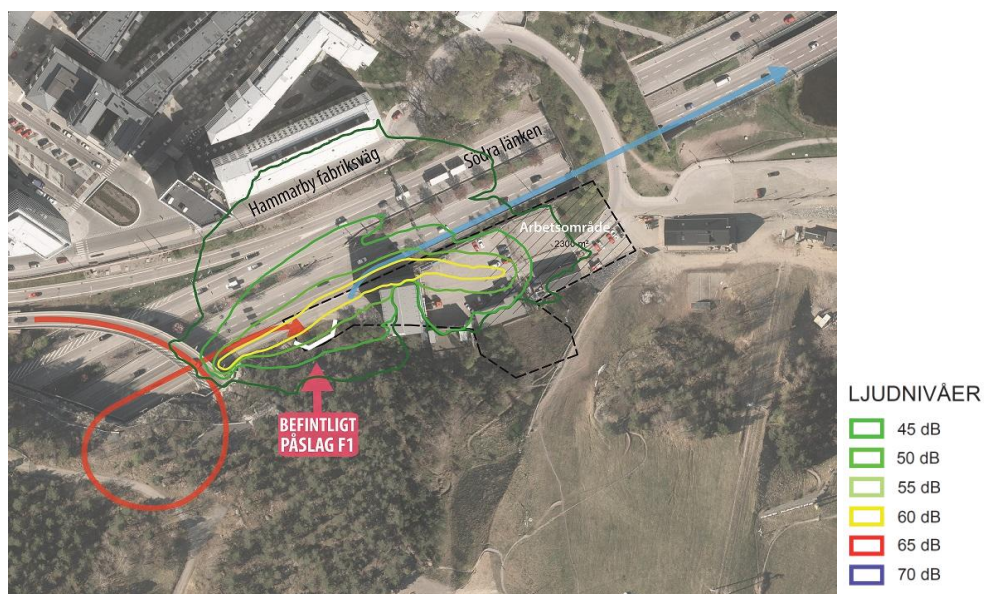


Figur 85 Påslag F1, F2 & F3, Sickla Ekvivalent ljudnivå från ventilationsfläktar vid maxforcering Utbredning 2 m över mark samt som frifältsvärden

Som beskrivits i kapitel 5.2.8 kommer bergtransporter från tunneldrivningen kommer omfatta 30-70 fordonsrörelser per dag. För att få en samlad bild av bullerutbredningen har dock bullerberäkning utförts från samtliga påslag, dvs 300 fordonsrörelser.



Figur 86 Påslag F1, F2 och F3, Sickla. Maximal ljudnivå inklusive fasadreflex.



Figur 87 Påslag F1, F2 och F3, Sickla. Ekvivalent ljudnivå inklusive fasadreflex vid 300 fordonsrörelser per dag.

Buller från bergtransporter längs med allmänna vägar

Bullerberäkningar har utförts längs med de planerade transportvägarna och källmätning har utförts på fullastad lastbil. Beräkningar för trafikbuller från befintlig trafik utmed transportvägar redovisas i Bilaga D 2.1 – 2.12.

6.2 Vibrationer och luftstöt vågor vid sprängning och markarbeten

6.2.1 Bakgrund

Anläggningsarbeten kommer att medföra vibrationer och luftstöt vågor. Vibrationer är vågor som rör sig i marken, i byggnader och andra fasta material. Begränsning och kontroll av vibrationer kommer att utföras enligt Svensk Standard för att undvika skador på byggnader och anläggningar.

Vid sprängning i tunnel uppstår en luftstöt våg som fortplantas genom tunnelpåslaget. Begränsning och kontroll av luftstöt vågor kommer att utföras enligt Svensk Standard.

6.2.2 Utförd riskanalys

En riskanalys har genomförts med avseende på restriktioner för vibrationer och luftstöt vågor vid sprängning och andra vibrationsalstrande arbeten (Referens 1). Riskanalysen har utförts inom ett område av ca 150 m från planerade arbeten längs med tunnelsträckan.

I riskanalysen har inventering av byggnader, anläggningar och installationer utförts. Inventeringen omfattar grundförhållanden, grundläggningssätt, konstruktion, ingående byggnadsmaterial samt avstånd till kommande arbeten. Utifrån inventeringen har riktvärden beräknats som utgör underlag för erforderliga restriktioner med hänsyn till skaderisk på konstruktioner avseende markvibrationer och luftstöt våg.

Vid sprängningsarbeten anpassas sprängladdningens storlek till tillåtna riktvärden så att de inte överskrids. Kontroll av vibrationer utförs vid varje salva och dokumenteras. Mätning av luftstöt våg utförs inledningsvis i förskärning och vid tunneldrivning där det är relevant. Kontroll utförs även då det påkallats av närboende.

Nedan redovisas förutsättningarna för beräkning av riktvärden.

6.2.2.1 Riktvärde för vibrationer orsakade av sprängningsarbete

Vid beräkning av tillåtna vibrationsnivåer för byggnader och anläggningar har Svensk Standard, SS 460 48 66:2011 "Vibration och stöt – Riktvärden för sprängningsinducerade vibrationer i byggnader" tillämpats. Tillåten

vibrationsnivån (v10) har beräknats för samtliga för byggnader, anläggningar och installationer inom ett område 150 m från tunneln. Tillåten vibrationsnivån (v10) är enligt definitionen då det är 10 m avstånd mellan sprängplats och mätpunkt och används enligt standarden vid laddningsberäkningen tillsammans med verkligt avstånd.

6.2.2.2 *Riktvärden för vibrationer orsakade av schaktnings-, pålnings-, spontnings och packningsarbeten*

Vid beräkning av tillåtna vibrationsriktvärden för byggnader och anläggningar har Svensk Standard SS 02 52 11 "Vibration och stöt – Riktvärden och mätmetod för vibrationer i byggnader orsakade av pålning, spontning, schaktning och packning" tillämpats.

6.2.2.3 *Riktvärden luftstötståg*

Riktvärdet för luftstötståg bestäms i enlighet med Svensk Standard SS 02 52 10. Enligt standarden får reflektionstrycket från sprängningsarbete inte överskrida 500 Pa på avstånd över 20 meter. Vid tunnelsprängning gäller avstånd från tunnelmynning. För avstånd under 20 m kan högre riktvärde tillämpas förutsatt att särskilda skyddsåtgärder har vidtagits för att undvika skador.

6.2.3 *Syneförrättning, uppföljning, kontroll*

Inför vibrationsalstrande arbeten och efter avslutade arbeten kommer fastigheter inom inventeringsområde besiktigas i enlighet med Svensk Standard SS 460 88 60 (s.k. syneförrättning).

Mätning av vibrationer kommer att utföras enligt Svensk standard SS 460 88 66:2011 och SS 02 52 11.

Luftstötståg kommer att begränsas till maximalt 500 Pa reflektionstryck (250 Pa om det är övertryck som registreras). Inför sprängningsarbeten kommer information att skickas till boende samt verksamhetsutövare inom området 150 m från tunneln. Genom SMS/mail kan boende/verksamhetsutövare även välja att få information skickad inför varje enskild sprängning.

Sprängningsarbeten och övriga markarbeten kommer att anpassas så att de riktvärden som tagits fram i riskanalysen (hänsyn till skaderisk på konstruktioner) inte överskrids. Om mätningar trots allt skulle visa att riktvärdet överskrids så kommer omedelbart åtgärder att vidtas så att riktvärdet vid kommande salvor inte överskrids.

6.2.4 *Sammanfattning av påverkan från vibrationer och luftstötståg*

Människan kan vara känslig för vibrationer och ofta kan man känna vibrationer vid mycket låga värden. Som nämnts ovan har ett område på 150 m på vardera sidan

av tunneldragningen inventerats i riskanalysen. Inom detta område kan vibrationer från sprängningar vid tunneldrivningen komma att kännas under den tid som tunnelfronten passerar.

Framdriften vid drivning av huvudtunneln innebär att störningar som kan uppfattas ovan mark är övergående. Som beskrivits ovan kommer dock hastigheten vid framdriften att behöva anpassas efter bl a bergets egenskaper. De störningar som kan uppfattas vid markytan avtar med avståndet.

Som beskrivits ovan kommer planerade arbeten endast att medföra begränsade vibrationer. Vibrationer upplevs dock olika av olika människor. För att undvika oro kommer verksamhetsutövare/boende kunna välja att få information via sms inför sprängningstillfällena.

I ett inledande skede, då tunnelpåslagen ska sprängas, kommer luftstöt vågor att fortplantas utanför tunneln. Som beskrivits ovan kommer sprängsalvorna att anpassas så att inte byggnader eller installationer påverkas. Vidare kommer området att stängas av för att inte obehöriga ska kunna komma i närheten och skadas av sprängningen eller luftstöt vågen. I ett inledande skede kommer även tunnelmynningen att skyddas med sprängmattor för att minska effekten av luftstöt vågen. Då drivningen av tunneln fortskridit ca 50 m in i berget kommer luftstöt vågen inte att kunna kännas utanför påslaget. Då upphör även mätning av luftstöt vågor.

6.3 Vibrationer från byggtransporter

Som underlag för att beskriva konsekvenser av de ökade transporterna och eventuella problem med vibrationer som de kan medföra har en geoteknisk undersökning genomförts för vägar i anslutning till påslagen. Risk för vibrationer bedöms vara störst inom områden med lera.

För att utreda påverkan från bergtransporter från tunneln har försök med fullastad lastbil utförts vid områden med lera och vibrationer i närliggande bostäder registrerats. Försöken utfördes vid de områden där störst risk för vibrationer i bostäder bedöms uppstå, d.v.s. vid Drottningholmsvägen och Alviksvägen. Försöken visade att registrerade vibrationsnivåer är mycket låga och bedöms inte orsaka skada på byggnaderna.

Ökningen av andelen transporter från tunneln är dessutom förhållandevis litet. Påverkan för närboende begränsas även av att bergtransporter endast kommer att ske helgfria vardagar mellan kl. 07-22.

6.4 Stomljud

6.4.1 Bakgrund

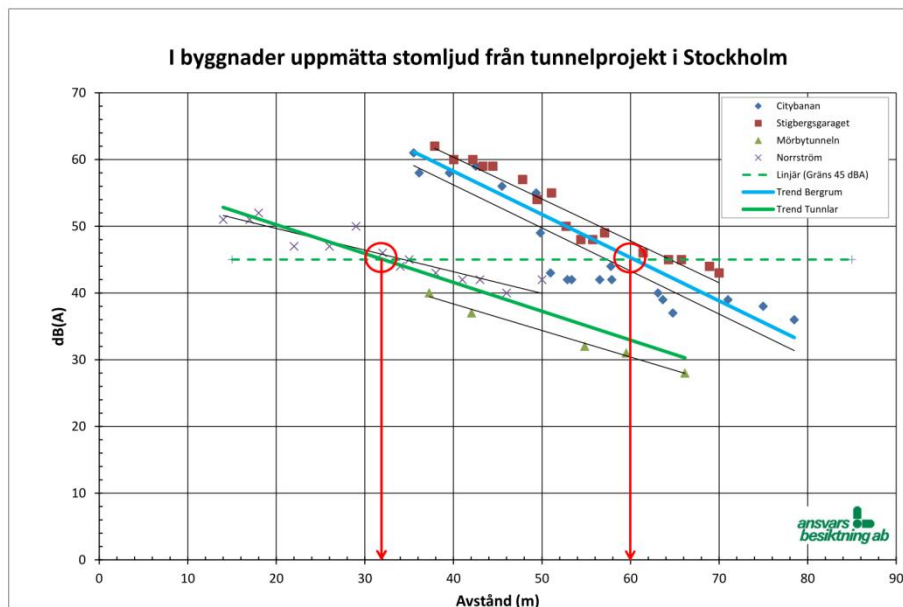
Stomljud är ljud som strålar ut från vibrerande väggar, golv eller tak. Vanliga källor för stomljud är tågpassager – främst i tunnlar – samt sprängning och borrar i berg. Störst överföring av stomljudsnivåer uppstår då vibrationerna alstras i samma bergmassa som huset är grundlagt på.

6.4.2 Sammanfattning påverkan från stomljud

Vald tunneldrivningsteknik med borrar och sprängning alstrar stomljud i flera av de ingående momenten, särskilt injekteringsborrning, salvborrning och bergskroting. Omfattningen och styrkan på stomljudet beror på avståndet mellan källan vid tunnelfront och byggnaden, grundläggningssätt, typ av byggnadsstomme samt bergkvalitet. Sprickzoner i berg liksom grundläggning i jordlager innebär t.ex. energiförluster som dämpar stomljudet.

Påverkan avseende stomljud från borrar begränsas av att arbetena kommer att utföras helgfria vardagar mellan kl 07-22. Stomljudsalstrande arbete bedöms utföras under i genomsnitt 8 timmar/dygn.

Inför projektet har en stor mängd empiriska data från 4 olika stora projekt i Stockholm sammanfattats. Framtaget avstånd mellan källan och bostäder/verksamheter har skett efter att ha analyserat dessa data, där uppmätt ljudnivå vid momentet bergborrning har kopplats till avståndet till källan. Mätningen har skett med mikrofon i byggnadernas källarnivå, dvs där stomljudet är som högst i en byggnad. Samtliga byggnader är berggrundlagda. Mätvärden och avstånd redovisas i diagram i Figur 88. I figuren redovisas även trendlinje för tunnlar och för bergrum. I diagrammet har även nivån 45 dB(A) markerats. Som framgår väntas nivåer på 45 dB(A) uppfattas på ett avstånd av 32 m från källan vid fronten för tunnelns trendlinje.



Figur 88. Jämförelse av empiriska data från 4 projekt i Stockholm (Citybanan*2, Stigbergsgaraget, Mörbyntunneln).

Längs med huvudtunneln finns ett fåtal fastigheter i Bromma där tunneln ligger mindre än 32 m från bostäder.

6.5 Luft, lukt och smitta

6.5.1 Befintliga förhållanden

Den långsiktiga trenden är att luftkvaliteten i Stockholm har blivit bättre och att halterna av de flesta luftföroreningarna har minskat. Skärpta avgaskrav, minskade industriutsläpp, utbyggnad av fjärrvärme, renare bränslen, miljöbilar, trängselskatt, dubbdäcksförbud och liknande har bidragit till förbättringen av luftkvaliteten i staden.

Precis som staden följer upp antalet transporter sker uppföljning också kring miljökvalitetsnormer på ett antal platser i staden. Rapporten för uppföljningen år 2013 visar att problemen med att klara miljökvalitetsnormerna för kvävedioxid och partiklar (PM10) kvarstår i de mest trafikerade snitten. Den främsta orsaken till att normerna överskrids är vägtrafikens utsläpp.

Höga halter av luftföroreningar påverkar hälsa negativt. Forskningsresultat under senare år visar att negativ hälsopåverkan sker redan vid låga halter under

normernas värden. För att normer och mål ska uppnås behöver fler åtgärder vidareutvecklas och preciseras.

6.5.2 Luftföroreningar i byggskedet

I byggskedet kommer tunneln att ventileras för att förbättra arbetsmiljön i tunneln. Vid en ideal detonation av sprängmedel bildas endast koldioxid, vattenånga och kvävgas. Sådana ideala detonationer sker inte i verkligheten, varför reaktionsprodukter såsom kväveoxider (NOX) och kolmonoxid (CO) alltid bildas. Ventilationsluften kommer dessutom att innehålla avgaser från bland annat transportfordon. Friskluft förs därför in i tunneln genom ventilationstuber till sprängningsfronten varefter den förorenade luften trycks ut genom tunnelmynningar.

De svenska miljökvalitetsnormerna för NO₂ i utomhusluft är satta för att undvika hälsoeffekter och ofta krävs betydligt högre halter än dessa för att hälsoeffekter skall uppkomma. Miljökvalitetsnormen för NO₂ som dygnsmedelvärde är 60 µg/m³. Partiklar (PM) i höga koncentrationer i luft kan ge ökad luftvägskänslighet, inflammationer och möjligen öka risken för allergiutveckling. På motsvarande sätt som för NO₂ är de svenska miljökvalitetsnormerna för PM 10 satta för att undvika hälsoeffekter. Beträffande miljöeffekter bedöms nedfall av partiklar och stoft i första hand utgöra en potentiell olägenhet för omgivningen genom "nedsmutsning". Miljökvalitetsnormen för PM₁₀ är 40 µg/m³ årsmedelvärde.

Utsläppen av luftföroreningar i samband med anläggningsarbeten är begränsade och bedöms inte leda till överskridande av miljökvalitetsnormer.

6.5.3 Driftskede

6.5.3.1 Lukt

En luktutredning har genomförts för att fastställa den förväntade luktsituationen vid den nya anläggningen i Smedslätten. För att få förståelse för luktemission från tunnelsystem har flera referensanläggningar studerats. Med utgångspunkt från de genomförda emissionsmätningarna kan konstateras att luktemissionerna kan variera påtagligt mellan olika tunnelsystem och under olika förhållanden. För att få en så konservativ bedömning som möjligt har den högsta uppmätta emissionsnivån använts för värdering av luktbidraget i omgivningen och val av framtida luktbegränsande åtgärder.

Några riktlinjer för lukt finns inte i Sverige, däremot i bland annat Danmark och Norge. I Danmark gäller riktlinjerna 5 -10 l.e./m³ där det lägre värdet avser bostadsområden. Praktiska erfarenheter från luktmätningar, utförda spridningsberäkningar och korrelationer av resultaten visar dock att närboende upplever luktfrihet först när haltnivån underskrider 0,2-0,5 l.e./m³. Med hänsyn till att förestående ventilationsanläggningen i Smedslätten ligger i ett frekvent använt

friluftsområde har utgångspunkten varit att haltnivån ska underskrida 0,2-0,5 l.e./m³.

För att värdera luktbidraget i omgivningen har flera spridningsberäkningar utförts. Beräkningarna visar att det är nödvändigt att begränsa emissionen i en luktreningsinstallation innan ventilationsluften förs genom skorstenen. Frånluften kommer därför att renas med aktiverat kolfilter alternativt en kombination mellan fotooxidation och aktiverat kolfilter. Skorstenen kommer att vara ca 30 m hög.

Söderortstunneln ska ventileras via den befintliga skorstenen i Sicklaanläggningen som kommer att få förändrad belastning efter ombyggnationen. Utförd luktutredning visar dock att inga luktrisker föreligger.

6.5.3.2 Smitta

Ventilationsluften kan innehålla potentiella smittkällor, så kallade aerosoler. Den rening av frånluften som kommer att ske genom aktiverat kolfilter alternativt en kombination mellan fotooxidation och aktiverat kolfilter medför dock en begränsning av spridningen av aerosoler.

6.5.4 Damning

De massor som transporteras ut från tunneln kommer att vara fuktiga. Ingen mellanlagring av massor från tunneldrivningen kommer att ske vilket innebär att risk för damning framför allt föreligger i samband med transporter inom etableringsområdena. Allmänt gäller att damning förebyggs och avhjälpas genom vattnings av ej hårdgjorda ytor och sopning av hårdgjorda ytor.

6.6 Vatten

6.6.1 Grundvatten

I Teknisk beskrivning bortledning av grundvatten (bilaga till ansökan) redovisas bl.a. grundvattenbortledningen och dess miljöeffekter som följd av den planerade tunneln. Nedan redovisas hanteringen och resursåtgången för inläckande grundvatten under driftskedet.

För delar av tunneln samt för bergrummet i Sicklaanläggningen behöver det inläckande grundvattnet pumpas till Henriksdals avloppsreningsverk. Ett inläckage om 10 l/min×100 m och en tunnelsträckning om ca 15-20 km resulterar i ett tillskott om ca 25-33 l/s grundvatten till flödet, alltså ca 0,6-0,8 % av det totala flödet 4 m³/s.

Det inläckande grundvattnet bedöms innehålla mycket låga halter kväve och fosfor, varför behovet av rening av det tillkommande vattnet är i det närmaste

försumbart. Kostnaden för att pumpa upp/lyfta det inläckande grundvattnet kommer utgöra maximalt 0,6-0,8 % av denna totala kostnad. För Mälarpassagen, med ledning i tunnel, kommer inläckande grundvatten ansamlas i lågpunkten varifrån det pumpas till ett spolmagasin i Smedslätten.

Utifrån ovanstående resonemang bedöms kostnaderna för pumpning och rening av inläckande grundvatten inte vara styrande för vilka krav som skall ställas på inläckaget.

6.6.2 Processvatten

Under byggskedet fordras vatten vid drivning av tunnlarna. Förbrukningen av dricksvatten för tunnelarbeten kommer att mätas. Även det vatten som pumpas från tunnlarna kommer att mätas.

Det vatten som pumpas från tunnlarna kommer att vara förorenat av oljerester, sprängämnesrester, borrhax, cement och sprutbetongrester. Vattnet har också förhöjda kvävehalter och pH-värden.

Det förorenade vattnet avleds efter behandling i sedimenteringsanläggning till kommunalt avloppsreningsverk med kväverening. Innan vattnet släpps på det kommunala ledningsnätet genomförs kontroll av vattnet. Vattnet behandlas i slamavskiljare och oljeavskiljare samt ev pH-justering i enlighet med Stockholm Vattens riktlinjer för länshållningsvatten; detta för att inte störa reningsprocessen i avloppsreningsverket eller orsaka igensättning i ledningsnäten.

6.7 Avfall under byggskedet

Avfall som uppkommer under entreprenaden kommer att material- eller energiåtervinnas. En liten del av byggavfallet kommer att utgöras av farligt avfall som kommer att omhändertas enligt särskilda bestämmelser. Det gäller bland annat oljor och fetter, hydrauloljor innehållande mineralolja. Avskilt slam från processvatten kommer att analyseras och hanteras därefter beroende på föroreningsgrad.

Tillfällig förvaring av eventuellt farligt avfall kommer att ske oåtkomligt för obehöriga i täta, förslutna kärl. Transporter kommer att ske med godkänd transportör.

Stockholm Vatten kommer att ställa krav på att entreprenörer redovisar hur avfallshanteringen ska gå till avseende sortering, plats och sätt för omhändertagande av sorterade fraktioner.

7. Bilagor

1 Kartbilagor

Bilaga D 1. 1 Sträckning och sträckningsuppdelning VA

Bilaga D 1. 2 Översikt tunnlar och anläggningar

Bilaga D 1. 3 Översikt anslutningspunkter

Bilaga D 1. 4 Geologisk översikt

Bilaga D 1. 5 Översikt förorenade områden

2 Bakgrundsbuller

Bilaga D 2. 1 Leq Befintl trafik påslag A Åkeshov

Bilaga D 2. 2 Leq Befintl trafik påslag B Smedslätten

Bilaga D 2. 3 Leq Befintl trafik påslag C Eolshäll

Bilaga D 2. 4 Leq Befintl trafik påslag D Liljeholmen

Bilaga D 2. 5 Leq Befintl trafik påslag E Gullmarsplan

Bilaga D 2. 6 Leq Befintl trafik påslag F Sickla

Bilaga D 2. 7 Lmax Befintl trafik påslag A Åkeshov

Bilaga D 2. 8 Lmax befintlig trafik påslag B Smedslätten

Bilaga D 2. 9 Lmax Befintl trafik påslag C Eolshäll

Bilaga D 2. 10 Lmax Befintl trafik påslag D Liljeholmen

Bilaga D 2. 11 Lmax Befintl trafik påslag E Gullmarsplan

Bilaga D 2. 12 Lmax Befintl trafik påslag F Sickla

8. Referenser

Referens 1 Riskanalys för vibrationsalstrande arbeten, Ansvarsbesiktning AB,
2014-12-08