



Nacka tingsrätt  
Mark- och miljödomstolen  
[mmd.nacka.avdelning3@dom.se](mailto:mmd.nacka.avdelning3@dom.se)

## Bemötande

### Mål: M 3110-21; Trafikverket

Mark- och miljödomstolen har förelagt Trafikverket att inkomma med yttrande över inkomna yttranden.

Trafikverket inleder med att i **avsnitt 1**, i enlighet med vad som tidigare har redovisats, justera yrkandena.

Närmare information om justeringen redovisas i **avsnitt 2**.

Inkomna yttranden bemöts i **avsnitt 3**.

### **Bilaga 1:** Tunnelns system för inläckande grundvatten/dränvatten och tunnelavloppsvatten

## 1. Justering av yrkanden

Tättningsarbetet i tunneln har varit framgångsrikt och Trafikverket kan med nästan en halvering begränsa sitt yrkande vad avser bortledning av grundvatten inom delsträcka D11.

När det gäller delsträcka D10 vidhålls tidigare framställt yrkande.

Trafikverket justerar därför sina huvudyrkanden i ansökan (avsnitt 1.1 i ansökan) i enlighet med vad som anges nedan.

Justeringar är markerade med överstrykning och med fet markerad stil.

### Huvudyrkanden

Trafikverket yrkar att mark- och miljödomstolen meddelar Trafikverket tillstånd att från tunnlar och övriga anläggningar i berg för E4 Förbifart Stockholm, under driftskedet, leda bort ytterligare mängder grundvatten längs två delsträckor genom att ytterligare 260 respektive ~~90~~ **50** liter per minut får läcka in enligt villkor 7 i befintligt tillstånd (mark- och miljödomstolens dom den 17 december 2014 i mål M 3346-11).



Sträcka	Mätpunkt	Läge mätpunkt	Inläckage delområde (liter/ minut)	Ingående delar
20/800–22/800 Grimsta, Hässelby södra delen av trafikplats Vinsta	Mättdamm Lambarsund norra sidan	20/900	+ 260  (totalt 540)	Huvudtunnel Södra ramptunnlar
22/800–24/000 Vinsta inkl. norra	Mättdamm Lövstavägen	22/800	+ <del>90</del> 50  (totalt <del>310</del> 270)	Huvudtunnel Norra ramptunnlar Luftutbytesstation

## 2. Närmare om justeringen

Justeringen av yrkandet innebär att en mindre mängd vatten tillåts läcka in i tunneln. Det kan medföra en viss minskning av behovet av att skyddsinfiltrera inom D11, men förändringen bedöms ändå som marginell.

Justeringen innebär en begränsad påverkan på de ekonomiska beräkningar som gjorts gällande nollalternativet. Den tidigare redovisningen äger fortsatt giltighet.

## 3. Bemötande av inkomna yttranden

Trafikverket bemöter nedan inkomna yttranden i den del det framförts nya synpunkter som inte tidigare har bemötts. I den del där inkomna yttranden upprepar tidigare anförda synpunkter får Trafikverket hänvisa till vad som tidigare har anförts.

Yttrandena bemöts i den ordning som de har inkommit och samlat för respektive part. I vissa fall sammanfattas de synpunkter som inkommit och kursiveras för att underlätta läsningen.

### Ägaren av fastigheten Tristan 8<sup>1</sup>

Ägaren har framfört en rad synpunkter. En del av synpunkterna är inte relevanta för denna prövning och övrigt har redan bemötts av Trafikverket. Sammanfattningsvis är den infiltration som Trafikverket utför vid Björnboda kontrollerad och kan inte kallas horisontell. Vattnet leds inte heller till ledningsgraven.

### Ägaren av fastigheten Farstun 1<sup>2</sup>

*Fastighetsägaren vill att tillståndet ska kompletteras med en skyldighet till fortsatt grundvattenbalans utmed Lövstavägen. De åtgärder som Trafikverket redovisar i aktbilaga 242 för nivåstabilisering bör enligt fastighetsägaren finnas med som villkor i dom. Enligt fastighetsägaren är det viktigt att de åtgärder som beskrivs i punkten 4.1 fullföljs då ytterligare marksänkning skulle kunna ge mycket allvarliga konsekvenser på fastigheten.*

Trafikverket har föreslagit att domstolen ska föreskriva att den ansökta verksamheten ska bedrivas i enlighet med de villkor som redan har meddelats enligt mark- och miljödomstolens dom 2014-12-17 i mål M 3346-11, med de ändringar som fastställdes genom Mark- och miljööverdomstolens dom 2015-

<sup>1</sup> Aktbilagorna 266-270 och 290-295.

<sup>2</sup> Aktbilaga 272

12-04 i mål M 11838-14. Det innebär att det arbetssätt som Trafikverket beskrivit i tidigare yttrande den 29 oktober 2021 (aktbilaga 225) och som följer av villkoren 5 och 6 i befintligt tillstånd kommer att gälla för verksamheten.

Det har visat sig svårt att upprätthålla tidigare grundvattennivåer utmed hela Lövstavägen, särskilt för den del som går mitt över tunneln. Trafikverket kommer dock att kontrollera och följa upp påverkan längs denna sträcka och arbeta med skadeförebyggande åtgärder på sätt som beskrivits tidigare i ansökan samt i aktbilaga 225.

#### Rosenkavaljerens samfällighetsförening<sup>3</sup>

*Föreningen är inte nöjda med den ersättning som har erbjudits av Trafikverket i skadeärendet. Vidare önskar föreningen att Trafikverket inte friskrivs från ansvar om marken skulle fortsätta sjunka och för skador som för tillfället är dolda.*

Parterna är inte överens om vilken ersättning som ska utgå för skada till följd av grundvattenavsänkningen, men parterna är överens om att fastighetsägarens anspråk ska betraktas som en anmälan om skada enligt dom i mål M 3346-11. Domstolen bör därför avskilja denna fråga som en anmälan i mål M 3346-11.

Trafikverket delar föreningens uppfattning att Trafikverket inte friskrivs från ansvar om marken skulle fortsätta sjunka eller för skador som för tillfället är dolda.

#### Torplicykans samfällighetsförening<sup>4</sup>

*Samfällighetsföreningen kräver att Trafikverket följer upp om föreningens gemensamhetsanläggningar skadas till följd av grundvattenbortledningen. I de fall skador uppstår ska Trafikverket ersätta dessa.*

Trafikverket kommer att fortsatt övervaka och följa upp om det uppkommer skador till följd av grundvattenbortledningen. Trafikverket kommer att vara skyldigt att ersätta sådana skador i enlighet med vad som har föreslagits av Trafikverket. Föreningen har inte något aktuellt skadeärende.

#### Ägarna av fastigheterna Torplyckan 4 och Torplyckan 9<sup>5</sup>

Ägarna framför motsvarande synpunkter som Torplyckans samfällighetsförening. Trafikverket hänvisar till svaret ovan.

#### Ägarna av fastigheten Torplyckan 78<sup>6</sup>

*Fastighetsägarna har efter överenskommelse med Trafikverket fått ersättning för skador på trädäck. Enligt avtal får samma skada ej åberopas igen. Fastighetsägarna vill säkerställa att de har rätt att få ersättning om nya skador uppkommer vid grundvattenavsänkning.*

Avtalet mellan Trafikverket och fastighetsägarna reglerar endast den uppkomna skadan. Skulle det uppkomma nya skador på trädäck eller byggnad till följd av grundvattenavsänkningen har Trafikverket en

<sup>3</sup> Aktbilaga 287 och 288. Vidare har en privatperson refererat till Rosenkavaljerens samfällighetsförening i aktbilaga 275.

<sup>4</sup> Aktbilaga 276.

<sup>5</sup> Aktbilaga 279 och 280.

<sup>6</sup> Aktbilaga 281.

skyldighet att ersätta dessa.

#### Stockholm Stad, miljö- och hälsoskyddsnämnden<sup>7</sup>

*Miljö- och hälsoskyddsnämnden vidhåller att ytterligare kompensationsåtgärder bör föreskrivas och anser inte att Trafikverket har svarat på nämndens fråga om påverkan på allé med gamla ekar.*

Kraven på kompensationsåtgärder har bemötts i Trafikverkets yttrande den 29 oktober 2021 (aktbilaga 225), s. 25. Det finns inte grund för att föreskriva ytterligare krav på kompensationsåtgärder.

När det gäller frågan om risken för påverkan på ekar till följd av grundvattenavsänkning hänvisas till svar till Stockholm stad (stadsledningskontoret), i Trafikverkets yttrande den 29 oktober 2021 (aktbilaga 225, s. 21) gällande påverkan på ekar.

Den aktuella ekallén har inte någon direkt kontakt med de undre grundvattenmagasinen eftersom allén växer på ett lerlager som är över 6 meter tjockt. Lerlagret är en effektiv barriär mellan markytan och djupare grundvattenförekomster till vilka rötterna inte når. Träden i allén är kopplade till mark- och växttillgängligt vatten som finns i de övre jordlagren. Allén är således inte känslig för grundvattenavsänkningar. I svackan längs Grimsta IP förekommer mycket mäktiga lerlager och dessa förhållanden är gynnsamma för att bevara hög markfuktighet och växttillgängligt vatten även om det sker en grundvattenpåverkan i de undre magasinen. Om Stockholm Stad så önskar åtar sig Trafikverket att inom ramen för kontrollprogrammet kontrollera att ekallén inte påverkas.

#### Tomträttshavaren till fastigheten Stockholm Neonet<sup>18</sup>

*Bostadsrättsföreningen Neonet vill att det klarläggs att den nu ansökta verksamheten ska omfattas av samma villkor för prövotid och oförutsedd skada som enligt mark- och miljödomstolens dom den 17 december 2014 i mål M 3346-11.*

Trafikverket har samma uppfattning och har därför föreslagit att domstolen ska förordna om detta.

#### Ägaren av fastigheten Tristan<sup>9</sup>

*Ägaren av fastigheten vill att huset på fastigheten besiktigas.*

Inga hus i det aktuella området har besiktigats, och avses för närvarande inte att besiktigas, eftersom avståndet från tunnlarna till fastigheten är långt (mer än 300 meter). Inte heller har det observerats någon skadlig grundvattenavsänkning i området. Området ingår dock i det potentiella påverkansområdet och det sker därför en övervakning och uppföljning av grundvattennivåer och sättningar.

#### Stockholm Vatten och Avfall<sup>10</sup>

*Stockholm Vatten och Avfall (nedan SVOA) ifrågasätter Trafikverkets påstående att överenskommelse hade träffats mellan parterna.*

Trafikverket hade uppfattat det som att parterna var överens även om ett avtal ännu inte skriftligen hade undertecknats. Parterna har sedermera landat i ett avtal som bl.a. innebär att vatten från SVOA, under

<sup>7</sup> Aktbilaga 282.

<sup>8</sup> Aktbilaga 284.

<sup>9</sup> Aktbilaga 285.

<sup>10</sup> Aktbilaga 289.



nedan givna omständigheter, får användas för skyddsinfiltration under tunnelns anläggnings- och drifttid.

Parterna är överens om att Trafikverket senast den 30 juni 2025 ska ha genomfört en utredning som klargör om det är samhällsekonomiskt rimligt att Trafikverket, i stället för att använda SVOA:s vatten, antingen

- a. Anlägger ett nytt ledningsnät och eventuell reningsanläggning för återinfiltration av inläckande vatten till tunnelanläggningen, eller
- b. Anlägger ett nytt ledningsnät och eventuell reningsanläggning för återinfiltration av vatten som pumpas upp ur Mälaren.

Bedömningen av om det är samhällsekonomiskt rimligt ska utgå från ett hållbarhetsperspektiv som tar hänsyn till ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet.

För det fall ovan angiven utredning visar att det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt ska Trafikverket bekosta och genomföra egen vattenförsörjning enligt ovan. I sådant fall ska en sådan anläggning vara installerad i god tid innan väganläggningen öppnas för trafik, senast år 2028. I det fall installation av infiltrationsanläggningen blir försenad kommer SVOA att tillhandahålla vatten fram till dess att Trafikverkets anläggning för vattenförsörjning är möjlig att ta i bruk, allt i enlighet med träffat avtal.

Trafikverket anser inte att denna fråga behöver regleras i domen, men överlämnar till domstolen att avgöra om frågan ska utredas under en prövotid. I så fall bör kravet på utredningens redovisning sammanfalla med datum som angetts i parternas överenskommelse (d.v.s. 30 juni 2025).

*SVOA anser att tabell 1 på s. 6 i aktbilaga 225 är otydlig då det inte framgår vilket tidsperspektiv som avses.*

Tidsenheter i tabellen är följande:

- Kostnader för linning – Engångskostnad under byggtiden för linning.
- Kostnad infiltration – Total kostnad för drifttid på 120 år.
- Åtgärdskostnader på byggnader, mark, vägar och hårdgjorda ytor, ledningar – kostnaderna är beräknade på en drifttid på 120 år.

Såsom framgår av sista raden i tabellen anges en beräknad avrundad totalkostnad av det sökta alternativet jämfört med beräknad avrundad totalkostnad i ett nollalternativ.

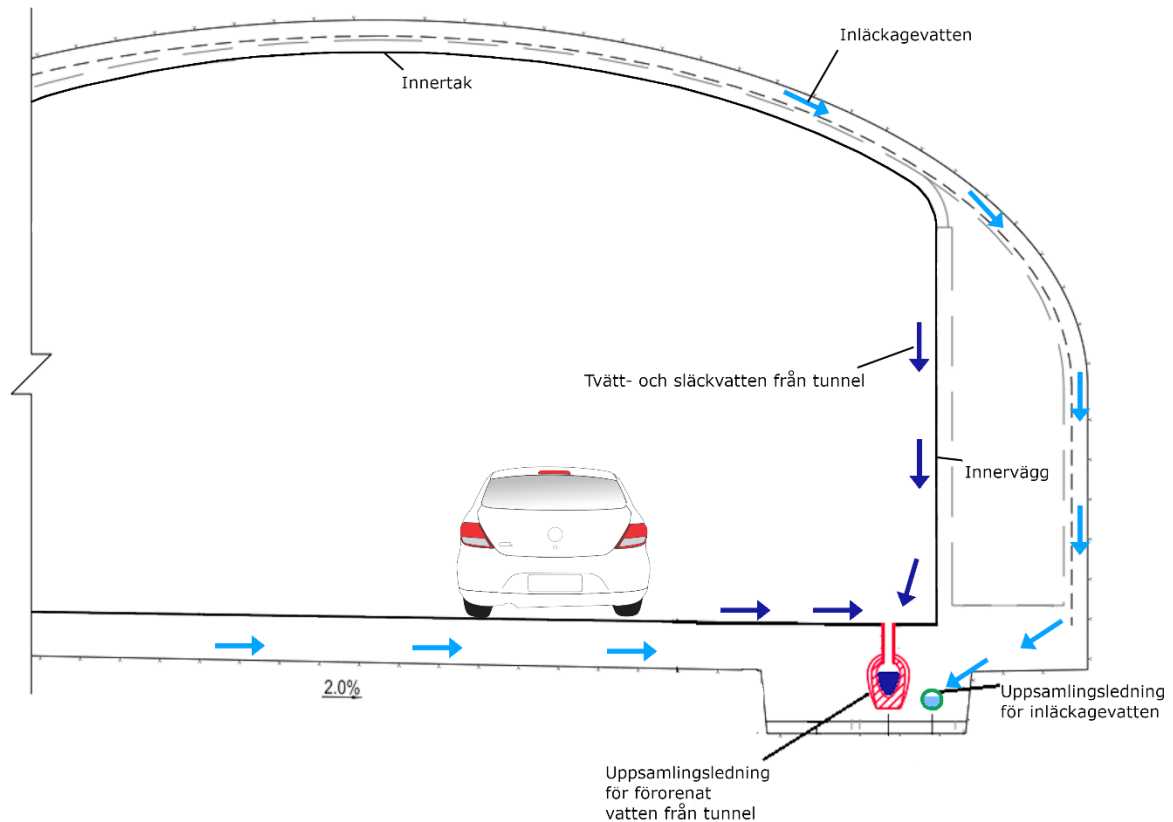
*SVOA anför att det behöver förtydligas i vilken omfattning det dränvatten som avleds via släckvattendammen och vidare mot Skärholmen till Mälaren kommer att avledas via dagvattenledning som tillhör SVOA.*

Utformningen av vattenhanteringen har redovisats i aktbilaga 225, s. 24.

Sammanfattningsvis är det skilda system för hanteringen och avledningen av:

- inläckande grundvatten/dränvatten, och
- för tunnelavloppsvatten som härrör från vägen inom tunneln (d.v.s tvättvatten, spolvatten och eventuellt brandvatten).

Dessa två olika vattentyper blandas aldrig utan hanteras och avleds i skilda system. I **Figur 1** redovisas de separata systemen.



**Figur 1.** Ritning på uppbyggnaden av det skilda systemet för inläckande grundvatten/dränvatten (grön ledning) och tunnelavloppsvatten (röd ledning).

Inläckande grundvatten/dränvatten norr om Lovön, vilket inte påverkas av trafiken i tunneln, leds till en släckvattenstation på Lovön som innefattar en släckvattenbassäng på 2 500 m<sup>3</sup>. Från släckvattenstationen leds vattnet i en trycksatt släckvattenledning längs hela tunneln fram till varje tunnelpåfart. Dränvatten i släckvattenstationen renas till Livsmedelsverkets krav på dricksvatten. Vattnet renas genom ett filtermembran.

Allt inläckande grundvatten söder om släckvattenstationen, samt inläckande vatten norr om denna när släckvattenbassängen är fylld, avleds till dagvattennätet (vid Skärholmen). Genom dagvattennätet leds slutligen vattnet till Mälaren.

Trafikverket anlägger en egen vattenledning till Sättraån i höjd med Skärholmen, för att i enlighet med meddelad miljödömdom möjliggöra en avledning av en del av inläckande grundvattnet/dränvattnet till ån. Hur mycket vatten, och när vatten ska släppas till Sättraån, kommer att hanteras i dialog med Stockholm stad. Det är detta inläckande grundvatten/dränvatten som också skulle kunna användas för skyddsinfiltration då mängden vatten bedöms mer än tillräcklig både för Sättraån och för skyddsinfiltration.

Frågan om nyttjandet av dagvattenledningar för viss mängd inläckande grundvatten/dränvatten och nyttjandet av spillvattenledningar för tunnelavloppsvatten kommer utgöra en vattentjänst enligt lagen (2006:412) om allmänna vattentjänster eller om det behöver träffas en separat överenskommelse kring nyttjande av dagvattenledningen, är emellertid frågor som inte prövas inom ramen för en tillståndsprovning enligt miljöbalken.

Tunnelavloppsvattnet leds via en uppsamlingsledning i tunnelrören till Trafikverkets reningsanläggning (VA-station) i höjd med Skärholmen. Reningsanläggningen omfattar en sedimentation med eventuell flockning. Därefter leds det renade tunnelavloppsvattnet till SVOA´s spillvattenledning och vidare till Himmerfjärdsverket, ett avloppsreningsverk.

I **bilaga 1** åskådliggörs tunnelns separata system för inläckande grundvatten/dränvatten och tunnelavloppsvatten.

#### Boende i bostadsrättsföreningen Kapprocken<sup>11</sup>

*Personen beskriver bostadsrättsföreningen Kapprockens byggnader som är placerade på fyra olika fastigheter (Kanslisilket 1-4).*

Trafikverket har tagit del av informationen, vilken inte föranleder någon kommentar i övrigt.

#### ARG, Naturskyddsföreningen m.fl.<sup>12</sup>

ARG, Naturskyddsföreningen m.fl. (nedan Föreningarna) har dels kommenterat de synpunkter som Trafikverket har redovisat till domstolen, remissinstanser och till enskilda sakägare, dels har Föreningarna kommenterat de synpunkter som Trafikverket har gett som svar på Föreningarnas tidigare skrivelse (aktbilaga 187).

Trafikverket bemöter endast det som avser de frågor som rör Föreningarnas angivna intressen. En stor del av den argumentation som Föreningarna tar upp i sin skrivelse fanns i den tidigare skrivelsen. I dessa delar bemöts det inte ytterligare av Trafikverket. Trafikverket får i stället i dessa delar hänvisa till sitt tidigare bemötande.

*Föreningarna lyfter på ett flertal ställen att kostnaden för skyddsinfiltration kommer att uppgå till 32,4 miljarder kronor sett över 100 år och drar utifrån den siffran slutsatsen hur samhällsekonomiskt olönsamt projektet är, samt att kostnaden för betonglining är begränsad i sammanhanget.*

Trafikverket ombads av domstolen redovisa vilken kostnad för infiltration som beräknades för hela anläggningens drifttid. Trafikverket redovisade att det fanns tre olika alternativ; försörjning med vatten från SVOA, försörjning med renat dränvatten och försörjning med vatten från Mälaren.

Med anledning av en felskrivning i Trafikverkets redovisning är det förståeligt att Föreningarna har missuppfattat redovisningen i denna del. Trafikverket refererar dessvärre felaktigt till en årlig kostnad i sitt svar. De kostnader som redovisades avser inte en årlig kostnad utan den totala kostnaden, d.v.s. investeringskostnad och samtliga årliga kostnader för drift under 120 år. Kostnaden för skyddsinfiltration kommer inte att uppgå till 32 miljarder kronor som Föreningarna angett, utan beräknas uppgå till de belopp som tidigare angivits. Enligt de mycket preliminära kostnadsberäkningar som Trafikverket genomfört uppgår kostnaden för infiltration med vatten från SVOA till i storleksordningen 324 miljoner kronor totalt under drifttiden.

Den sammanlagda kostnaden för infiltration är således inte av en sådan omfattning att den påverkar den samhällsekonomiska bedömningen eller gör att kostnaden för betonglining blir begränsad i sammanhanget. Det bör även noteras att skyddsinfiltration fortsatt kommer att behövas även om delar av tunneln förses med betonglining.

<sup>11</sup> Aktbilagorna 296 och 297.

<sup>12</sup> Aktbilagorna 273, 298 och 300.

*Föreningarna ifrågasätter om alla adekvata tätningsmetoder är prövade fullt ut inom projektet?*

Trafikverket har provat och utvärderat ett stort antal varianter av metoden injektering. Bland de parametrar som har varierats och prövats för att uppnå tillräcklig täthet för olika tunnelavsnitt kan nämnas: cementsort, keminjekteringsmedel, blandningsförhållanden, hållängder, överlappen mellan skärmar, hålvinklar, hålintensiteten, injekteringsstryck, stoppkriterier och utvärderingskriterier för godkänd skärm.

*Föreningarna anser att Trafikverket mer utförligt än i ansökans bilaga 3, Injekteringstekniska åtgärder, bör redovisa vilka material förutom cement som använts, vilka som i stort sett valts bort och orsaken i respektive fall?*

Trafikverket ställer egenskapskrav på blandningarna som ska användas för injektering. Anlitad entreprenör ska visa att egenskapskraven uppfylls innan injektering utförs. Bruksblandningar som inte uppfyller egenskapskraven väljs därför bort.

I **Figur 2** nedan visas ställda egenskapskrav på de tre bruksblandningar som kravställdes.

<p><b>Blandning 1:</b> vct <math>\leq 1,2</math> bkritisk <math>\leq 75 \mu\text{m}</math> bmin ska utvärderas i samband med förprovning Flytgräns <math>\leq 2 \text{ Pa}</math> Viskositet <math>\leq 15 \text{ mPas}</math></p> <p><b>Blandning 2:</b> vct <math>\leq 1,0</math> bkritisk <math>\leq 90 \mu\text{m}</math> bmin ska utvärderas i samband med förprovning Flytgräns <math>\leq 4 \text{ Pa}</math> Viskositet <math>\leq 20 \text{ mPas}</math></p> <p><b>Blandning 3:</b> vct <math>\leq 0,7</math> bkritisk <math>\leq 100 \mu\text{m}</math> bmin ska utvärderas i samband med förprovning Flytgräns <math>&lt; 10 \text{ Pa}</math> Viskositet <math>60\text{-}120 \text{ mPas}</math></p> <p>Samtliga blandningar ska ha en skjuvhållfasthet <math>&gt;0,5 \text{ kPa}</math> efter 5 h vid <math>+8\text{grader Celsius}</math>.</p>
--

**Figur 2.** Egenskapskrav för bruksblandningar.

*Föreningarna undrar hur många olika klasser av cement som använts, från ultrafin till grövre och hur det ser ut för framtiden.*

Trafikverket delar inte in cementen i klasser utan följer upp injekteringsbrukets egenskaper. År 2018 införde Trafikverket ett tilläggskrav (till egenskapskraven) som innebär att blandningen ska vara baserad på microcement ( $d_{95} \leq 20 \mu\text{m}$ ). All injektering i projektet från år 2018 och framåt är därför utförd med microcement och Trafikverket planerar att fortsätta med det.



*Vilka metoder avser Trafikverket att använda i Förbifart Stockholm framöver och i vilken utsträckning?*

I Trafikverkets arbetssätt ingår att aktivt följa upp injekteringsarbetet för att aktivt kunna anpassa tekniken till aktuella geologiska förhållanden. Trafikverket har för aktuellt projekt utvecklat injekteringsmetodik och använder nu en metodik som benämns ABC-4. Metodiken inkluderar ett antal kontrollpunkter som ska uppfyllas innan vidare framdrift av tunneln får ske. Trafikverket har för avsikt att driva tunnlar vidare med denna metodik i kombination med ställda egenskapskrav på injekteringsbruket samt tilläggskravet att endast använda microcement. Metodiken kan även fortsättningsvis behöva anpassas och utvecklas till aktuella förhållanden.

*Föreningarna undrar om det kemiska medlet polyuretan kommer vara aktuellt, samt hur Trafikverket ser på eventuell användning och risker med kemiska injekteringsmedel?*

För att utröna om andra metodiker än de konventionella skulle kunna vara adekvata för att täta berget provade Trafikverket att använda kemiska injekteringsmedel (polyuretan och akrylatgel) vid förinjektering. Innan de provades utvärderades produkterna av Trafikverkets miljöexperter och godkändes av tillsynsmyndigheten samt Stockholm Vatten och Avlopp. I samband med proverna utfördes mätningar för att verifiera att gränsvärden för miljöpåverkan inte överskreds. Två skärmar med polyuretan och tre skärmar med akrylatgel utfördes och utvärderades.

Trafikverket har inte för avsikt att vidare använda kemiska injekteringsmedel vid förinjektering eftersom utförda prover med kemiska injekteringsmedel visade att tätheten inte blir bättre än cementinjektering med metodik ABC-4.

*Föreningarna har vid flertalet tillfällen i sina yttranden hänvisat till en artikel skriven av N. Barton och E. Quadros och undrar om Trafikverket använder sig av de kunskaper och erfarenheter som redovisas i artikeln.*

Det finns en mångårig erfarenhet från injektering i Stockholmsområdet utifrån tunneldrivningen av bland annat Norrortsleden, Arlandabanan, Citybanan och Norra länken. Utgångspunkten i utformningen av injekteringsmetodik baseras både på teori och praktisk erfarenhet från dessa projekt.

Trafikverket delar i stort Bartons och Quadros slutsatser. Microcement används vid tunnelinjekteringen i aktuellt projekt, vilket är Bartons och Quadros huvudpunkt. Trafikverket har prövat olika injekteringstryck och bäst resultat verkar erhållas av ett balanserat tryck där hänsyn tas till bergtäckning, den ställvis svaga bergmassan och insituspänningen. Det finns ingen egentlig divergens mellan Trafikverkets injekteringsmetodik och Bartons och Quadros ståndpunkter.

I artikeln redovisas frågor som rör ”improving the properties of rock masses” och ”increased modulus”. Det som redovisas kan vara korrekt för vissa geologiska förhållanden, medan det är mindre tillämpligt på andra förhållanden. Det gäller exempelvis för lerzoner (svaghetszoner i bergmassan som innehåller lera av olika mäktighet) där lerinnehållet kan vara flera cm tjockt och den injekterbara sprickvidden mycket liten, ner till mindre än tiondels millimeter. Det kan ifrågasättas om Bartons och Quadros uppfattning att utfyllnad med en svag cementblandning i dessa fall ska göra skillnad på sprickans hållfasthet. Det finns heller inget av Trafikverket känt vetenskapligt stöd för ett sådant påstående i en bergmassa där stabilitetsfrågorna oftast är förknippade med blockstabilitet. Tvärtom finns vetenskapligt publicerat material med tester som visar att även om deformationsmodulen ökar så kan samtidigt hållfastheten minska (som exempelvis friktionsmotståndet på en sprickyta). Det har dock ingen bäring på aktuell frågeställning avseende täthetsresultatet efter injektering och kommenteras därför bara kortfattat här.

Gällande sättningskador delar Trafikverket Bartons och Quadros uppfattning att det av denna anledning är viktigt att lyckas med förinjekteringen. Det bör också noteras att Trafikverket även arbetar med skyddsinfiltration för att motverka grundvattensänkningar och resulterande sättningskador.

Barton och Quadros anger att höga injekteringstryck är nödvändiga vid stor bergtäckning och bra, hårt berg. Barton och Quadros anger höga tryck i detta sammanhang som mellan 5 och 10 MPa. Förbifartens tunnlar har inläckageproblem i de aktuella områdena där bergtäckningen inte är stor och bergmassan är genomkorsad av ett stort antal svaghetszoner, varför förutsättningarna skiljer sig från Bartons och Quadros referenser. Utifrån norska erfarenheter prövades högre tryck för att undersöka om tätningen skulle förbättras. Dessa försök visade inte på någon förbättrad täthet utan gav i stället upphov till andra problem vid förinjekteringen. Trafikverket drog då slutsatsen att ett balanserat högt tryck anpassat till bergtäckning och den ställvis svaga bergmassan gav bäst tätningseffekt. Använda injekteringstryck är även baserade på teoretiskt underlag för att undvika större påverkan på bergmassan.

Trafikverket delar Barton och Quadros uppfattning att normal bruksåtgång är mellan 1 – 6 l/m<sup>3</sup> för en 5-6 m injekterad zon. Till exempel innebär det att normal bruksåtgång kan beräknas till mellan 360 l och 2160 l/borrhål för en injekteringskärm med 2,5 m hålavstånd eller mellan 180 l och 1080 l/borrhål för en injekteringskärm med 1,25 m hålavstånd. Trafikverket har i många fall injekterat upp till 2400 l/borrhål och hålavståndet har i många fall varit ännu mindre än i exemplet. Trafikverket har injekterat volymer som ligger över de av Bartons och Quadros angivna volymerna. Det är Trafikverkets bedömning att injekteringsvolymerna per borrhål är höga och insatsen omfattande med hänsyn till normala förhållanden. Att ytterligare öka injekteringsvolymen per borrhål bedöms inte förbättra tätningsresultatet.

Trafikverket delar Barton och Quadros uppfattning att vattenflöde och bruksflöde vanligen är anisotropiskt. Barton och Quadros gör en ingenjörsmässig förenkling med påståendet att 1 Lu motsvarar en hydraulisk konduktivitet på ungefär 10<sup>-7</sup> m/s. Trafikverket anser att det är en möjlig förenkling och att sambandet mellan Lu och hydraulisk konduktivitet varierar beroende på provlängd.

Trafikverket delar Barton och Quadros uppfattning att den verkliga sprickvidden är större än den hydrauliska sprickvidden. Denna slutsats har även stöd i övrig forskning. Barton och Quadros anger också att injekteringsbruk bör baseras på microcement för att komma ner till mycket små sprickvidder. Trafikverket delar den uppfattningen och det är ett skäl till varför projektet använt microcement vid injektering sedan år 2018. Trafikverkets injekteringsbruk med microcement uppvisar gynnsamma egenskaper, och med rätt tillsatser mycket liten separation.

Barton och Quadros slutsatser kring filterpumpstesterna saknar relevans för problemet eftersom microcement används i projektet.

Trafikverket delar Barton och Quadros uppfattning när det gäller möjligheten att relatera bergmassans genomsläpplighet till en karakterisering av bergmassan och jämföra mot borrhålstester (genomsläpplighetstester i borrhål). Trafikverket delar även deras uppfattning att det krävs en "greater level of sophistication" där det finns lera och där det finns en stark anisotropi avseende strukturer och genomsläpplighet. Bergmassan i det aktuella området uppvisar stark anisotropi och genomsläppligheten är ställvis mycket hög.

Bartons och Quadros slutsatser anges nedan (anges i kursiv text) med Trafikverkets kommentar:

- (1) *Sättningarna verkar vara ett förekommande problem till följd av vatteninläckage i tunnlar.*  
Trafikverket delar Bartons och Quadros uppfattning.
- (2) *Systematisk förinjektering med stabila mikrocement och tillsatser anges vara den självklara lösningen.*

Trafikverket delar till stor del Bartons och Quadros uppfattning. Genom användandet av anpassade tillsatser är inträngningsförmågan mycket god med dessa cementbruk ned till den tumregeln på 3–4 x d<sub>95</sub> som Barton och Quadros anger. Trafikverket delar dock inte uppfattningen att det är den enda orsaken till inläckagen i tunnelsystemet. Det finns en betydande heterogenitet (anisotropi) där lerfyllnad på sprickyrtorna och komplexa strömningsvägar medför svårigheter som en förbättrad inträngningsförmåga inte kommer åt. Det beror på att det i princip kan saknas kontakt mellan injekterade ytor och andra fortfarande genomsläppliga delar av sprickans yta.

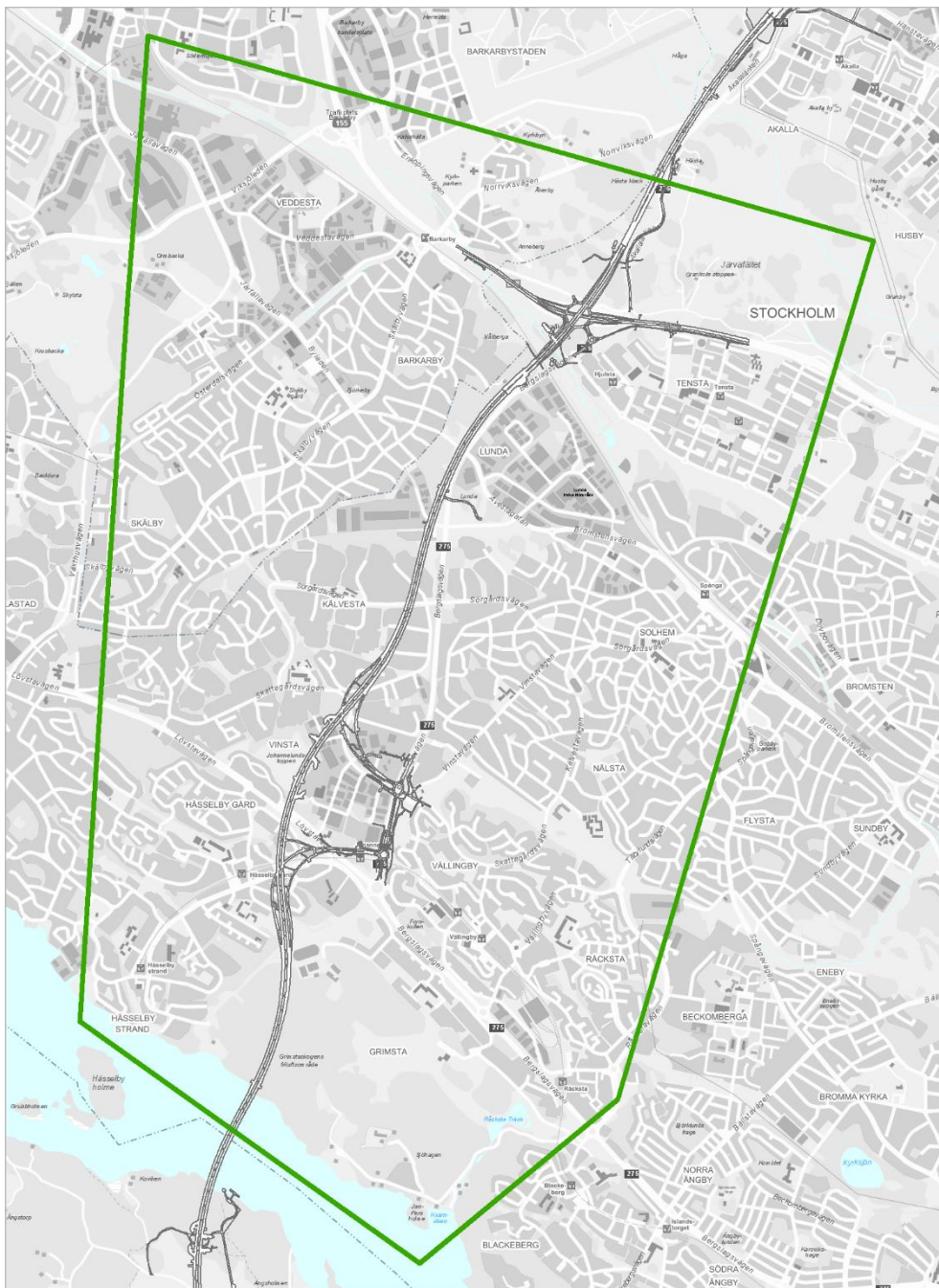


- (3) *Det finns betydande skillnad mellan hydraulisk sprickapertur och verklig (fysisk) sprickapertur.*  
Trafikverket delar Barton och Quadros uppfattning. Anledningen till detta är i Trafikverkets perspektiv att bland annat den hydrauliska aperturen mäts på "flaskhalsarna" längs sprickplanen. Den verkliga fysiska aperturen är ett mått på flera av en sprickas egenskaper som exempelvis råhet (som nämns av Barton och Quadros) men även exempelvis "matedness" (hur väl spricksidorna är passade mot varandra), kontaktytornas omfattning eller mängd och typ av sprickfyllnad.
- (4) *Trycken ska inte hållas konstant när bruk styvnat och flödet stannat.*  
Trafikverket har injekteringsvolymen enligt den spridning som Barton och Quadros anger som normala. Trafikverket har reducerat och avbrutit injekteringen innan bruket styvnat. Trafikverkets tunnlar ligger mindre djupt och omfattar en heterogen bergmassa med ställvis dåligt berg vilket gör situationen mer komplex än i ett bättre, mer homogent berg.
- (5) *Det är att föredra att bedöma genomsläppligheten med systematiska Lugeon tester.*  
Trafikverket delar Barton och Quadros uppfattning. Systematiska Lugeon tester används på aktuellt projekt för att bedöma bergets genomsläpplighet och uppnått täthetsresultat efter injektering.
- (6) *Tolkningen av genomsläpplighet görs med syfte att bedöma behov av microcement och injekteringstryck.*  
Trafikverket delar Bartons och Quadros uppfattning med tillägg att även till exempel bergmassans heterogenitet, bergtäckning och sprickornas orientering behöver behandlas i utformningen av ett injekteringsförfarande.
- (7) *Hydrauliska tester i 3D för en damm visar rotation av genomsläpplighetstensorerna och en förbättring av bergmassans bulkmodul efter injektering.*  
Trafikverket anser att resultaten avseende genomsläpplighet i olika riktningar för samma bergvolym överensstämmer med erfarenhet från aktuell tunneldrivning och med en generell erfarenhet vid tunneldrivning i allmänhet. Det är denna erfarenhet som resulterat i olika stickvinklar vid förinjektering och behovet att byta borriktning vid efterinjektering. Det är inte något som påverkar den aktuella frågeställningen.
- (8) *Utformning av bergförstärkning verkar vara för konservativt om förinjektering utförts.*  
Trafikverket delar inte Bartons och Quadros slutsats. Det är dock inte relevant för den aktuella frågeställningen gällande tätning av bergmassan.



*Föreningarna ber om ett förtydligande av Trafikverkets tidigare svar i vilken omfattning InSAR används, hur resultaten används och om de publiceras.*

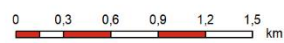
Trafikverket har besvarat frågan i yttrandet den 29 oktober 2021 (aktbilaga 225) s. 37. InSAR-data finns för delen Lambarfjärden-Hjulsta enligt bilden nedan, **Figur 3**.

**Figur 3.** In-SAR data finns för sträckan Lambarfjärden - Hjulsta.



**Teckenförklaring**

-  Yta med In-SAR data för sträckan Lambarfjärden till Hjulsta
-  Förfart Stockholm



© Open Stockholm,





InSAR mäter förändringar i marknivå i enskilda punkter mellan satellitpassager. Data redovisas per punkt som satelliten lyckats identifiera och mäta med radarvågor vid passage. För varje punkt finns en serie mätvärden som representerar passager. Trafikverket har för närvarande mätningar från passager för perioden 2011-09-23 och 2020-12-21.<sup>13</sup>

Trafikverket använder InSAR som ett verktyg för att kontrollera om markförändringar uppträder. Informationen är ett komplement till gängse mätningar och används i områden där det inte finns dubbar eller markpeglar installerade för att kontrollera utbredning av markförändringar mellan de enskilda markpeglarna och dubbarna. Bland annat används verktyget för att bedöma om kontrollprogrammet behöver kompletteras med ytterligare mätpunkter. Fördelen med InSAR är att det ger god täckning och man kan dra slutsatser om tendenser över yta och tid, emedan dubbar och markpeglar ger ett mer exakt och tillförlitligt resultat i den enskilda punkten.

Projekt Förbifart Stockholm har i dagsläget inte för avsikt att publicera InSAR-data då informationen är svårtolkad och lätt kan missförstås.

Stockholm den 19 januari 2022

  
Susan Odervång

  
Magnus Fröberg

<sup>13</sup> Analys för 2021 är ännu inte färdig.