

Projektnamn

Västlänken och Olskroken planskildhet

Dokumenttyp

PM

Ärendenummer**Skapad av**

Kai Palmqvist

Filnamn

GK3 Tätning Haga 2017

Godkänt av**Godkänt datum**

2017-03-03

Version

1.0

Prefix**Dokumenttitel**

GK3-granskning Tätning E04 Haga

Skede Förfrågningsunderlag

Innehåll

1 Utförd GK3-granskning	3
1.1 Granskade handlingar i FU	3
1.2 Granskade handlingar ej i FU	4
2 Granskningskommentarer	4
2.1 Kommentarer till Tekniskt PM Bergteknik	5
2.1.1 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 1 Residenset	5
2.1.2 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 2 Servicetunnel Otterhällan (B2)	6
2.1.3 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 3, Otterhällan	8
2.1.4 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 4 Servicetunnel 202 Kungshöjd	9
2.1.5 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 5 Skattehuset	11
2.1.6 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 6, Station Haga	12
2.1.7 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 7 Pumpstation Föreningsgatan	16
2.1.8 Tekniskt PM Bilaga 8 Vertikala schakt	17
2.1.9 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 9 Servicetunnel 210 Haga	19
2.1.10 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 10, Linjen	21
2.1.11 Sammanfattande kommentarer	22
2.2 Kommentarer till Bergteknisk prognos, Version: A	23
2.2.1 Bakgrund	23
2.3 Kommentarer till Teknisk Beskrivning Bergtunnel, Version: C	30
2.3.1 BBC.14 Hydrogeologisk undersökning	30
2.3.2 CBC Bergschakt	31
2.3.3 CDD.1 Injektering	32
2.3.4 CDD.1 Injektering	32
2.3.5 CDD.14 Ridåinjektering	39
2.3.6 CDD.141 Ridåinjektering med cementbaserat injekteringsmedel	40
3 Granskning av ritningar, Injektering	41
3.1 Passage av Stadsarkivet/Servicetunnel B2	41
3.2 Passage av Götatunneln	42
3.3 Servicetunnel Kungshöjd	42
3.4 Station Haga, Påslag Hagakyrkan	42
3.5 Station Haga, Fläktrum	42
3.6 Station Haga, Stationsrum	43
3.7 Station Haga, Mellanplan	43
3.8 Station Haga, Uppgång Handelshögskolan	44
3.9 Servicetunnel 210 Haga, Bergtunnelpåslag	44
4 Sammanfattande kommentarer till Tekniskt PM, Bergteknisk prognos, Teknisk beskrivning och Ritningar	44
Ändringslogg	46
Bilaga: GK3 Granskningsprotokoll	47

1 Utförd GK3-granskning

GK3-granskning Tätning har utförts på handlingar med status Förfrågningsunderlag för E04 Haga daterad 2016-09-29 med revisionsdatering fram till och med 2016-12-13.

Granskning har även utförts av några handlingar som ej ingår i förfrågningsunderlaget men som ger underlag för granskningen.

1.1 Granskade handlingar i FU

Nr	Handling	Filnamn	Datum	Rev.	Rev. datum
6.6.1.1	Teknisk Beskrivning Bergtunnel	E04-00-010-0000-0009	2016-09-29	B	2016-12-13
6.6.2.1	Teknisk Beskrivning Mark och Anläggning	E04-00-010-0000-0002	2016-09-29	C	2016-12-13
6.8.1.1	Ritningsförteckning och ritningar, Bergteknik	E04-17-020-0000-0001	2016-09-29	B	2016-12-13
	STATION HAGA, TULLGRÄNSER	E04-17-110-0500-110	2016-09-29	_	
	RESIDENSET, INJEKTERING	E04-17-300-0400-501	2016-09-29	_	
	OTTERHÄLLAN / KUNGSGARAGET, INJEKTERING	E04-17-300-0400-510	2016-09-29	_	
	PASSAGE AV STADSARKIVET/ , SERVICETUNNEL B2, INJEKTERING	E04-17-300-0400-530	2016-09-29	A	2016-12-13
	PASSAGE AV GÖTATUNNELN, INJEKTERING	E04-17-300-0400-550	2016-09-29	A	2016-12-13
	SKATTEHUSET, INJEKTERING	E04-17-300-0400-560	2016-09-29	_	
	SERVICETUNNEL 202 KUNGSHÖJD, PÅSLAG, INJEKTERING	E04-17-300-0400-570	2016-09-29	A	2016-12-13
	STATION HAGA, PÅSLAG HAGAKYRKAN, INJEKTERING	E04-17-300-0500-630	2016-09-29	_	
	STATION HAGA, VENTILATIONS- SCHAKT SMYRNAKYRKAN, INJEKTERING	E04-17-300-0500-640	2016-09-29	_	
	STATION HAGA, FLÄKTRUM, INJEKTERING	E04-17-300-0500-650	2016-09-29	A	2016-12-13
	STATION HAGA, STATIONSNUM, INJEKTERING	E04-17-300-0500-660	2016-09-29	A	2016-12-13
	STATION HAGA, MELLANPLAN, INJEKTERING	E04-17-300-0500-670	2016-09-29	_	
	STATION HAGA, UPPGÅNG HAN- DELHÖGSKOLAN, INJEKTERING	E04-17-300-0500-680	2016-09-29	_	
	TRYCKUTJÄMNINGSSCHAKT S7, INJEKTERING	E04-17-300-0500-710	2016-09-29	_	
	VENTILATIONSSCHAKT V2, INJEKTERING	E04-17-300-0600-590	2016-09-29	_	
	SERVICETUNNEL HAGA, FÖRSKÄR- NING, INJEKTERING	E04-17-300-0600-610	2016-09-29	_	
	SERVICETUNNEL 210 HAGA, BERG- TUNNELPÅSLAG, INJEKTERING	E04-17-300-0600-611	2016-09-29	A	2016-12-13
7.5.1	Bergteknisk prognos	E04-17-025-0000-0400	2016-09-29	A	2016-12-13
7.5.1.1	Bilaga 1 Figurer	E04-17-013-0000-0401	2016-09-29	A	2016-12-13

1.2 Granskade handlingar ej i FU

Nr	Handling	Filnamn	Datum	Rev.	Rev. datum
	PM Risker i byggskedet (exkl. arbetsmiljö)	E04-00-048-0000-0001	2016-09-29		
	Bruttonrisklista	E04-00-017-0000-0002	2016-09-29		
	Redogörelse för metod i bergteknisk prognos	E04-17-025-0000-0401	2016-09-29	A	2016-12-13
	Tekniskt PM Bergteknik, Huvudrapport Haga	E04-17-025-0500-0018	2016-09-29		
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 1, Residenset	E04-17-025-0500-0013	2016-09-29	B	2016-12-13
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 2, Servicetunnel Otterhällan (B2)	E04-17-025-0500-0019	2016-09-29		
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 3, Otterhällan	E04-17-025-0500-0005	2016-09-29		
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 4, Servicetunnel 202 Kungshöjd	E04-17-025-0500-0010	2016-09-29		
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 5, Skattehuset	E04-17-025-0500-0017	2016-10-20		
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 6, Station Haga	E04-17-013-0500-1004	2016-09-29	A	2016-12-13
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 7, Pumpstation Föreningsgatan	E04-17-025-0500-0012	2016-09-29		
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 8, Vertikala schakt	E04-17-025-0500-0015	2016-09-29		
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 9, Servicetunnel 210 Haga	E04-17-025-0500-0011	2016-09-29		
	Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 10, Linjen	E04-17-025-0500-0014	2016-09-29		

2 Granskningskommentarer

Granskningskommentarer lämnas till:

- Tekniskt PM Bergteknik
- Bergteknisk prognos
- Teknisk beskrivning Bergtunnel
- Ritningar Bergteknik

I Bilaga: GK3 Granskningsprotokoll lämnas kommentarer och klassificering.

2.1 Kommentarer till Tekniskt PM Bergteknik

2.1.1 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 1 Residenset

Under **1 Inledning 1.1 Allmänt** anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Under **2 Förutsättningar 2.1 Underlag** anges att för krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151

För injektering av bergtunnlar, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att projektering av bergtätning styrs av täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage av 2 l/min och 100 m tunnel.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Under **3.2 Hydrogeologi** anges att det aktuella området kring Residenset är känsligt för ändringar av grundvattennivån då delar av byggnaden och byggnader i närheten är grundlagda på träpålar. Grundvattentillgången i området är dessutom mycket begränsad.

Under **4 Geoteknisk kategori** anges att det aktuella objektet utgör geoteknisk kategori 3 med anledning av att tunneldrivningen kommer att utföras med bergtäckning mindre än halva spännvidden, ned till 5,5 m, vilket kan orsaka deformationer i tunnelns tak med sättningar i byggnaderna som följd. Byggnaderna kan påverkas av vibrationer från bergdrivning. Vidare krävs det speciell anpassning av injekteringsarbeten på grund av närheten till byggnaderna.

Under **5 Problemanalys** anges att byggnadernas grundläggning är beroende av att grundvattenytan bibehålls då den delvis utgörs av träpålar ned till berg. Detta medför höga krav på täthet och därmed på injekteringsarbetena.

Under **9.1 Underlag till Förfrågningsunderlag/Bygghandling** anges under **9.1.1 Injektering** att injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i ”E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering” med specifika anpassningar enligt nedan.

Injekteringshålens längd ska vara max 18 meter. Maximalt stick i tak anpassas enligt följande:

- Borrhålens stick i tak begränsas till 4 meter mellan km 458+315 – 458+335 samt 458+345 – 458+380
- Borrhålens stick i tak begränsas till 2,5 meter mellan km 458+335 – 458+345

Under **8.3.4 Injekteringsutförande** anges att maximalt injekteringsövertryck ska vara 1 MPa mellan km 458+315 – 458+335 samt 458+345 – 458+380 och 0,5 MPa i tak mellan km 458+335 – 458+345.

Vidare anges att vid ofördelaktig sprickorientering kan det kvarstå en risk för jacking och under injektering ska man vara vaksam på plötsliga trycksänkningar och/eller flödesökningar.

För hela passagen gäller max volym 200 liter exklusive hål- och slangfyllnad (för 18 m långa hål) i tak och vägg.

Under **8.3.5 Kontroller** anges att närliggande fastigheters dräneringssystem bör kontrolleras före och efter injekteringsarbetena. I övrigt föreligger inget behov av kontroll av täthet.

Kommentar till injekteringsutförande och kontroll

Under 2.2 ovan anges att projektering av bergtätning styrs av täthetsklass 3 med ett tillåtet inläckage av 2 l/min och 100 m tunnel.

Under 5 anges att det gäller höga krav på täthet och därmed på injekteringsarbetena.

Enligt "E00-17-025-0000-0104-Typinjektering" ska injekteringsklass 3 (IK3) tillämpas vid täthetsklass 3. I en skärm ska sålunda minst två injekteringsomgångar utföras. Kontrollhål ska utföras efter omgång 2 för att kontrollera tätningresultatet.

I föreliggande Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 1 föreskrivs ett injekteringsutförande enligt injekteringsklass 1 (IK1). Dessutom anges att det inte föreligger något behov av kontroll av täthet.

Injekteringsutförandet medför stor risk för jacking med åtföljande skadlig omgivningspåverkan.

Föreskrivet till IK1 anpassat utförande är inte fackmässigt.

Kontroll av närliggande fastigheters dräneringssystem bör också innefatta beredskap att spola dräneringssystemen under pågående injektering.

Inget nämns om de observationer och kontroller som ska ligga till grund för successivt uppnådd och slutlig täthet (TRVK Tunnel 11).

2.1.2 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 2 Servicetunnel Otterhällan (B2)

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande och kontroll av bergförstärkning.

Kommentar:

Injektering nämns ej.

Under **2 Förutsättningar 2.1 Underlag** anges att för krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att projekteringen som redovisas i denna PM gäller för bergguttag, förstärkning och injektering av Servicetunnel 201 samt dess tillhörande anläggningar: ledningsrum, vändnisch, teknikrum BEST och pumpstation.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projektering redovisad i denna rapport är utförd specifikt för Servicetunnel 201 Otterhällan (B2):

Tätning av bergtunneln ska i huvudsak utföras med cementbaserat injekteringsmedel och har utförts med utgångspunkt i, för Västlänken, framtagen typlösning. Injekteringsbehovet och utformning av eventuella avsteg från typlösning framgår av avsnitt 7, Injektering.

Under **3.2 Hydrogeologi** anges att Otterhällan består av en bergplint som omges av jordfyllda lågområden. Undre grundvattenmagasin förekommer främst i ett sammanhängande friktionslager närmast berg med begränsad mäktighet. Generellt täcks friktionsjorden av ett lerlager vilket har en betydande mäktighet i de jordtäckta omgivningarna till Otterhällan. Lerjorden bedöms sättningsbenägen och det förekommer sättningskänsliga byggnader och anläggningar i närområdet.

Grundvattensituationen inom bergplinten är starkt påverkad av flertalet dränerande anläggningar inom området vilket även innebär en begränsad grundvattentillgång.

Under **5 Problemanalys** anges att projekteringen avser tunnelstabilitet samt tätning och drivningsrestriktioner för att uppfylla omgivningskrav.

Under **7 Injektering, 7.2 Krav på täthet** anges att det preliminära täthetskravet för området kring Servicetunnel 201 Otterhällan (B2) är enligt Miljöprovningssupdraget för sträckan 458+400 – 458+500 tätningsklass 2 (en täthet i storleksordningen 2-5 l/min och 100 m tunnel).

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **7.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i dokument E00-17-025-0000-0104, PM Typinjektering med specifika anpassningar enligt nedan.

Under **7.3.1 Utsträckning** anges att injektering ska utföras för den anslutningstunnel som tas ut mellan befintlig tunnel och Västlänkens spårtunnel samt för pumpstation och tillhörande bergutrymmen. Ledningsrum EK7 DR01 utförs ytligt i anslutning till befintlig bergtunnel med underliggande dränerande berganläggning och med beaktande av ledningsrummets djup på enbart 4 m bedöms inget behov av injektering.

Under **7.3.2 Skärm- och borrhålslayout** framgår att injektering ska utföras så att en tätad zon motsvarande ca 6 m erhålls runt slutgiltig kontur. Utförande av injekteringshål anpassas till bergguttag. Dock ska injektering alltid vara utförd före bergguttag och bergschakt ska alltid ske i förinjekterad bergmassa.

För permanent kvarstående gavlur ska injektering av fronten, s.k. stuffinjektering, utföras för att minska risk för kvarstående läckage genom gavelytan.

Under **7.3.4 Kontroller** anges att inget behov av kompletterande kontroller föreligger vid pumpstationen.

Under **8 Slutsats och rekommendationer, 8.1.1 Injektering** anges att injektering för anslutnings-tunnel mellan befintlig tunnel och Västlänken samt tillhörande bergutrymmen ska baseras på Injekteringsklass 1.

Kommentar till injekteringsutförande och kontroll

På sträckan gäller tätningskrav 2-5 l/min och 100 m tunnel. Tätningskravet ska även vara uppfyllt under byggnadstiden. Enligt dokumentet PM Typinjektering ska tätningsarbetet vid inläckagekrav 2-3 l/min och 100 m tunnel utföras i Injekteringsklass 3 och vid tätningskrav 3-5 l/min och 100 m tunnel i Injekteringsklass 2.

Detta innebär att tätningsarbetet minst ska omfatta två injekteringsomgångar och inte en injekteringsomgång som utförs i Injekteringsklass 1.

Föreskrivet injekteringsutförande rimmar sålunda ej med vad som föreskrivs i dokumentet PM Typinjektering. Det uppfyller inte heller krav enligt TRVK Tunnel 11 på de observationer och kontroller som ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet.

2.1.3 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 3, Otterhällan

Denna PM beskriver passagen av Otterhällan och omfattar bergtunneldelen mellan km 458+400 – 458+680.

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att denna projekteringsrapport redovisar projekteringsmetodik och verifiering av huvudsystemets bärförmåga för passagen under Otterhällan inom entreprenad Haga. Projekteringen avser förstärkningssystem, injektering, kontroll och tunneldrivningsrestriktioner.

Resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning och dess komponenter.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges att för typinjektering av bergkonstruktioner, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering.

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet,

Diarienummer: TRV 2016/3151.

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att:

- Tätning av bergtunneln ska utföras med cementinjektering och projekteringen har utförts med utgångspunkt av anpassad injekteringsdesign. Utvärdering av injekteringsbehovet framgår av avsnitt **7 Injektering**.

Under **3.2 Hydrogeologi** anges samma text som redovisats under 3.2 i Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 2, Servicetunnel Otterhällan (B2).

Under **5 Problemanalys, 5.1 Svaghetszon SZCHO1** anges att det också ska uppmärksammas att grundvatten i svaghetszonen möjligen kan orsaka så kallad "running ground", det vill säga att material i svaghetszonen spolats ut på grund av stora mängder grundvatten. Kontroll av injekteringskvalitet är av stor vikt i detta sammanhang.

Under **5.6 Passage av Götatunneln, Kungsgatan och Kv. 42 Luntantu** anges att beträffande jordlager under Kungsgatan, att dessa består av 1-2 m fyllning ovan 2-4 m lera som i sin tur överlagrar mäktigt friktionsjord (ca 10 m). Lerlagret förutsätts vara sättningbenäget, d.v.s. sättningsrisk föreligger vid en eventuell grundvattensänkning.

Grundvattenbalansen inom området är störd av flera undermarksanläggningar. I dalgången förekommer byggnader känsliga för grundvattensänkning med grundläggning på bl.a. rustbädd eller stödtråpalar. Sättningskador har registrerats i systemhandlingen.

Under **7 Injektering, 7.2 Krav på täthet** anges att det preliminära täthetskravet för Otterhällan är enligt Miljöprövningsuppdraget för sträckan 458+400 – 458+500 tätningssklass 2 (täthet ca 2-5 l/min och 100 m tunnel) och för sträckan 458+500 – 458+720 tätningssklass 3 (täthet ca 2 l/min och 100 m tunnel).

Under **7.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagna injekteringsmetodik i E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering med specifika anpassningar.

Under **7.3.1 Utsträckning** anges att anpassad injektering ska utföras mellan 458+430 – 458+375.

Under **8 Slutsats och rekommendationer, 8.1.1 Injektering** anges att injektering ska utgå från framtagna injekteringsmetodik i E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering med specifika anpassningar enligt Tabell 6.

Kommentar till injekteringsutförande och kontroll

I vilken injekteringsklass tätningssarbetet ska utföras anges ej i aktuell Bilaga 3.

I Handling 7.5.1 Bergteknisk prognos anges att IK1 gäller för sträckan 458+380 – 458+440 och IK1-Anpassad för sträckan 458+440 – 458+770.

Injekteringsbeskrivningen är uppenbart otillräcklig och TRV:s krav på täthet har ej beaktats vid projekteringen.

Inga föreskrifter har redovisats vad avser observationer och kontroller som ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet (TRVK Tunnel 11).

2.1.4 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 4 Servicetunnel 202 Kungshöjd

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges:

För typinjektering av bergkonstruktioner, se:

E00-17-025-0000-0104-Typinjektering.

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151.

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att rapporten redovisar projektering av bergdrivning, bergförstärkning och tätning för Servicetunnel 202 från bergtunnelpåslaget, km 0/018, till anslutningen mot dubbelspårstunneln vid km 0/198. Rapporten omfattar även drivningsrestriktioner och anpassning av injektering.

Projekteringsrapporten avser även tätning av bergtunneln genom anpassning av injektering samt drivningsrestriktioner.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn till allmänna objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Vidare anges att projektering redovisad i denna rapport är utförd specifikt för Servicetunnel Kungshöjd:

- Tätning av bergtunneln ska i huvudsak utföras med cementbaserat injekteringsmedel och ska utföras med utgångspunkt i, för Västlänken, framtagen typlösning. Utvärdering av injekteringsbehovet och utformning av eventuella avsteg från typlösning framgår av avsnitt **7 Tätning – injektering**. Projekteringsmetodiken för injektering beskrivs närmare i E00-17-025-0000-0104-Typinjektering.

Under **7 Tätning – injektering, 7.1 Problemanalys** anges att specifik injektering ska designas för bergtunnelpåslaget med inledande sträcka av servicetunneln samt för injektering av vändnisch och uppställningsplats. Injekteringsdesignen förutsätter att huvuddelen av tunneln drivs nedifrån dubbelspårstunneln men att en skärm utförs från bergtunnelpåslaget.

Under **7.2 Krav på täthet** anges att det inte finns ett separat täthetskrav för Servicetunnel Kungshöjd men att det preliminära täthetskravet för dubbelspårstunneln mellan km 458+700 – 458+820 är tätningsklass 2 enligt Miljöprövningsuppdraget. Detta medför en täthet i storleksordningen 2-5 l/min och 100 m tunnel.

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **7.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering med specifika anpassningar.

Under 7.3.5 Kontroller anges att inga tillkommande kontroller behövs för servicetunneln.

Kommentar till injekteringsutförande och kontroll

I vilken injekteringsklass tätningsarbetet ska utföras anges ej i aktuell Bilaga 4.

I Handling 7.5.1 Bergteknisk prognos anges att IK1-Anpassad gäller för 0/025 – 0/045 och IK1 gäller för 0/045 – 0/200.

Injekteringsbeskrivningen är uppenbart otillräcklig och TRV:s krav på täthet har ej beaktats vid projekteringen.

Inga föreskrifter har redovisats vad avser observationer och kontroller som ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet (TRVK Tunnel 11).

2.1.5 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 5 Skattehuset

Under **1 Inledning, 1.1 Allmänt** anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Under **1.2 Objekt** anges att objektet avser den del av dubbelspårstunneln som passerar under Skattehuset från km 458+868 till km 458+820.

Under **2 Förutsättningar, 2.1 Underlag** anges att för injektering av bergtunnlar, se:

E00-17-025-0000-0104 Typinjektering.

För krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

Diarienummer: TRV 2016/3151.

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att projektering av bergtätning styrs av täthetsklass 3 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2 l/min och 100 m tunnel.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Vidare anges att hänsyn tas till omgivningspåverkan genom att sammanställa och analysera specifika krav för det aktuella riskobjektet, t.ex. närliggande anläggningar och byggnader. Kraven kan omfatta spräng-inducerade vibrationer, sättningar och skadlig grundvattenpåverkan. Baserat på kravanalysen hanteras krav genom anpassning av tunneldrivning, berguttagsmetoder, injektering och kontroller.

Vidare anges att projekteringsmetodiken för injektering beskrivs närmare i E00-17-0000-01014-Typinjektering.

Under **8 Injektering, 8.1 Problemanalys** anges att specifik injektering ska designas. Injekteringsdesignen förutsätter att drivning sker från bergtunnelpåslaget i nordlig riktning.

Under **8.2 Krav på täthet** anges att det preliminära täthetskravet för km 458+820 – 458+868 är tätningssklass 3 enligt Miljöprövningsuppdraget. Detta medför en täthet med maximalt tillåtet inläckage i storleksordningen 2 l/min och 100 m tunnel. Vidare anges att med beaktande av omgivningens känslighet för sänkta grundvattennivåer är det viktigt att erhålla en hög täthet i anslutning till bergtunnelpåslaget.

Under **8.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering med specifika anpassningar enligt nedan.

Under **8.3.1 Utsträckning** anges att anpassning ska utföras mellan km 458+820 – 458+868 längs sträckning med begränsad bergtäckning i anslutning till bergtunnelpåslag.

Under **8.3.2 Skärm- och borrhålslayout** anges att med beaktande av den begränsade bergtäckningen ska injekteringshålens längd begränsas på sträckan. Längden begränsas dels för att reducera risken för stor borrhålsavvikelse och dels för att erhålla en utökad tätning.

Vidare anges att vid kartering ska förekomst av eventuellt vattenförande strukturer parallellt/subparallellt med tunnelriktningen kontrolleras. Vid behov ska injekteringsborrhålsriktning anpassas för att öka möjligheten att träffa strukturerna så vinkelrätt som möjligt.

Under **8.3.3 Sonderingsbehov** anges att det föreligger inget tillkommande sonderingsbehov på sträckan utöver de sonderingar som ingår i typinjekteringsutförandet.

Under **8.3.4 Injekteringsutförande** anges att maximalt injekteringstryck ska begränsas med beaktande av risk för jacking av bergmassan och därmed risk för okontrollerad spridning av injekteringsmedel. Maximalt injekteringstryck ska bestämmas utgående från riktlinjer angivna i dokument E00-17-025-0000-0104, Typinjektering.

Under **8.3.5 Kontroller** anges att det föreligger inget tillkommande behov av kontroller på sträckan utöver de kontroller som ingår i typinjekteringsutförandet.

Under **9 Underlag till Bygghandling, 9.1 Injektering** anges att på sträckan ska injektering utföras med 18 m långa injekteringshål. Överlapp och stick enligt typinjektering. Maxvolymen för takhålen ska begränsas till 200 liter (exklusive slang- och hålfyllnad) per 18 m injekteringshål.

Vidare anges att för att säkerställa övergång mellan injektering för öppen bergschakt och injektering för bergtunnel ska extra injekteringshål utföras i sulan i första skärmen. Hålen ska vara 8 m långa med 6 m stick och med ansättning i bergschaktbotten.

Kommentar till injekteringsutförande och kontroll

Det anges ej i aktuell Bilaga 5 i vilken injekteringsklass tätningens arbetet ska utföras. Under **8.2 Krav på täthet** anges tätningens klass 3. Beskrivet utförande är enligt IK1. Tätningens klass 3 innebär utförande enligt IK3. Injekteringen ska sålunda i varje skärm utföras med minst två injekteringsomgångar.

Kontrollhål ska utföras efter andra injekteringsomgången. Resultat av vattenförlustmätningar i hålen avgör om kompletterande tätning behöver utföras.

2.1.6 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 6, Station Haga

Under **1 Introduction, 1.1 Object** anges:

The present report deals with the geotechnical design of the station of Haga for the chainage of 459+104 to 459+515.

Under **3 Problem analysis** anges:

The excavation takes place below the groundwater table which is located approximately at the rock surface. Therefore it is important to grout the rock around the excavation before blasting in order to prevent a water inflow and drainage of the rock mass.

Under **4.5 Hydrogeologi** och grundvatten anges att sammantaget tyder utförda analyser på att bergmassan vid Station Haga består av ett relativt tätt berg med några mer vattenförande strukturer.

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Mot bakgrund av refererad bedömning av vattenföringen i aktuell bergmassa är det av största vikt att designen av tätningens arbetet baseras på föreliggande förutsättningar och TRV:s krav på täthet.

I dokumentet PM Typinjektering anges under 8.3.9 Tätningsgrad:

Det oinjekterade bergets konduktivitet har betydelse då det är mycket svårare att täta ett tätt eller relativt tätt berg ytterligare jämfört med att täta ett mer genomsläppligt berg. Detta kan även kopplas mot bergets spricksystem och dess konduktivitet samt sprickriktning jämfört mot tunnelriktning. I ett dåligt konnekterat berg med fåtal sprickor som domineras av kanalflöde är det svårt att träffa och täta sprickorna och därmed är det även svårt att ytterligare sänka bergets hydrauliska konduktivitet. Fler injekteringsomgångar, gärna med olika borrhålsvinklar, medför att möjligheten att träffa vattenförande strukturer ökar och med detta även möjligheten att uppnå en hög tättningsgrad.

Under 8.3.10 Analys av svårighetsgrad redovisas i tabell 12 en matris för bedömning av svårighetsgrad för förinjektering (Stille 2015). I Station Haga gäller att den hydrauliska konduktiviteten måste minskas till $< 10^{-8}$. Av tabellen framgår att injektering för att uppnå detta är svår till mycket svår.

Erforderlig hydraulisk konduktivitet [m/s]	Erforderlig tätningseffekt		
	< 90 %	90-99 %	> 99 %
$> 10^{-7}$	Okomplicerad injektering	Medelsvår injektering	Svår injektering
$10^{-7}-10^{-8}$	Medelsvår injektering	Svår injektering	Mycket svår injektering
$< 10^{-8}$	Svår injektering	Mycket svår injektering	Mycket svår injektering

Tabell 12. Matris för bedömning av svårighetsgrad för förinjektering (Stille 2015)

I Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 6 anges under **11 Grouting, 11.1 Problemanalys:**

att injektering av stationsutrymmena ingår ej i typinjekteringslösningarna eftersom:

- Bergtäckningen understiger 10 m inom vissa delar
- Tunnelpåslag och de första 20 m av tunneln från påslag.
- Avvikande geometrier

Under **11.2 Krav på täthet** anges att:

I området för Station Haga finns sättning känsliga jordar och området bedöms i Miljödomsönsökan som den högsta kravet på täthet. För att bedöma injekteringsomfattning har Pareto-analys utförda med beräkningsverktyget (Thörn et al. 2015) på kärnborrhål HH601KBH och HH636KBH. Resultatet visar att en dimensionerande sprickvidd på ca 50 μm behöver tätas i stationsutrymmena för att uppnå en täthet motsvarande 2 l/min, 100 m tunnel. Detta tar dock inte full hänsyn till samtliga berggrum som ska tas ut och generellt krav på täthet bör vara att bergmassa som omger stationen och där inklädnad av vattenät betong ej kommer att ske ska tätas med strikt krav på täthet, motsvarande Tättningsklass 3 för spårtunnlarna.

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning. På den aktuella sträckan är kravet på täthet Tätningssklass 3.

På sektionssträckorna avser tätningskravet den sammanlagt tillåtna inläckningen från förekommande tunnlar, berggrum, nischer, schakt etc.

Kraven måste uppfyllas även under byggtiden. Vid täthetsklass 3 ska injekteringsklass 3 (IK3) tillämpas. Utförande enligt IK3 innebär att injekteringen i varje skärm utförs i minst två injekteringsomgångar. Efter andra injekteringsomgången ska kontrollhål utföras för att kontrollera att täthetskravet är uppfyllt. Om kravet inte är uppfyllt utföres ytterligare en injekteringsomgång.

För att täthetskraven ska kunna uppfyllas är det nödvändigt att injekteringen utförs på sådant sätt att injekteringsbruket får tillräcklig spridning både i sprickor med stor spricköppning och i sprickor med liten spricköppning.

Under **11.3 Specifik injektering** anges att:

Injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering. I stort sett all injektering av stationen kommer att utföras med specifika anpassningar som principiellt beskrivs enligt nedan.

Injekteringsarbetet ska göras med förinjektering med syftet att skapa en tätad zon runt bergutrymmena, tunnlar, plattformsutrymmen, ventilationsschakt, tvärtunnlar, ventilationsutrymmen mm.

Injekteringen delas upp i permanent och temporär injektering. Den permanenta utförs i princip enligt Typinjekteringskonceptet medan den temporära syftar till att säkerställa att inga större inflöden och/eller gradienter verkar under byggtiden. Utformning av den temporära injekteringen styrs av:

- Uttagsriktning jämfört med prognostiserade riktningar på de mest vattenförande strukturerna
- Krav på tillåtet inläckage
- Uppföljning av uppmätt inläckage mot prognostiserat inläckage

För gynnsamma förhållanden ska injektering utföras med en gles skärm med stort c/c-avstånd i syfte att tätas de mest vattenförande strukturerna. Vid mindre gynnsamma förhållanden utförs injektering av en tätare skärm. All bergmassa utanför slutgiltig bergkontur ska tätas med permanent injektering.

Vidare anges att injekteringskärrmar med horisontella eller subhorisontella hål ska eftersträvas så långt är möjligt. Det innebär dels ett mer effektivt utnyttjande av borrhålen och är gynnsammare med hänsyn till sprickorienteringen. I undantagsfall kommer vertikala eller subvertikala injekteringshål utföras.

Kommentar:

Det anges att injekteringen delas upp i permanent och temporär injektering där den senare anges syfta till att säkerställa att inga större inflöden och/eller gradienter verkar under byggtiden. Vidare anges att all bergmassa utanför slutgiltig bergkontur ska tätas med permanent injektering.

Eftersom täthetskravet TK3 gäller även under byggtiden är temporär injektering oacceptabel.

Enligt ovan ska injektering utgå från framtagna injekteringsmetodik i E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering med specifika anpassningar.

I PM Typinjektering beskrivs inga injekteringsskärmar med horisontella eller subhorisontella hål och inte heller anges att sådana skärmar ska eftersträvas så långt det är möjligt.

I Teknisk beskrivning anges under CDD.11 Förinjektering att injekteringshål inte får borras horisontellt.

I PM Typinjektering anges under 10.1.1 Borrhålslayout för Injekteringsklass 1 att injekteringshål ska borras maximalt 25 m långa och med ett stick 6 m utanför teoretisk tunnel. Spetshålsavstånd ska vara 2,5 m. Överlapp mellan skärmar ska vara minst 6 m.

Under Injekteringsklass 3, 10.3.1 Borrhålslayout anges att första omgången borras med maximalt 25 m långa injekteringshål med ett stick på 6 m utanför teoretisk tunnelkontur. Andra omgången utförs med 4 m stick med samma borrhåls längd. Spetshålsavstånd ska vara 2,5 m. Överlapp mellan skärmar ska vara minst 6 m.

Specifika anpassningar innefattar kortare hållängd och mindre stick.

Ett injekteringsutförande som innefattar långa horisontella hål innebär inte ett anpassat utförande utan införande av ett nytt injekteringskoncept som inte i något avseende motsvarar vad som föreskrivs i PM Typinjektering. Injekteringskonceptet motsvarar ur tätningssynpunkt inte ens ett utförande av Injekteringsklass 1.

Eftersom permanent injektering utanför slutgiltig bergkontur inte kan slutföras förrän botten tätats, måste förinjektering vid successivt berguttag av galleri (pilot och strossar) omfatta såväl väggar, tak som temporär botten. På samma sätt får vid pallsprängning detta ske först när tätning av underliggande pall utförts eller att erforderlig tätning utförts under bottenpall.

Beskrivet utförande är absolut nödvändigt för att kontroll av tätningsresultat successivt ska kunna utföras. Vid behov utföres erforderlig kompletterande tätning.

Styrande dokument för dimensionering av design av förinjekteringsarbeten är TRVK Tunnel 11. Bland ställda krav kan nämnas:

- De observationer och kontroller som ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet.
- Åtgärder då avsedd täthet inte uppnås och risk för betydande skada fortfarande kvarstår.

Den beskrivning av injekteringsutförande som fortsatt redovisas i Bilaga 6 under **Mellanplan, Uppgång vid Handelshögskolan och ventilationsschakt, Spår område/Plattformsutrymmen och Övriga bergutrymmen, teknikutrymmen, ventilationsutrymmen, rulltrappor mm** visar att den injekteringsklass IK3 som ska tillämpas vid täthetsklass TK3 inte beaktas. Beskrivningen pekar snarast på tillämpning av en anpassad men bristfällig IK1. Ett sådant injekteringsutförande kan omöjligt resultera i att täthetskrav TK3 innehålls. Mot denna bakgrund är redovisat utförande vare sig fackmässigt eller seriöst.

Beskrivning av fortlöpande kontroll av tätningsresultatet saknas.

2.1.7 Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 7 Pumpstation Föreningsgatan

Under **Inledning 1.1. Allmänt** anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Under **1.2 Objekt** anges att objektet avser Pumpstation och anslutande tunnel som ligger vid 0/300, enligt parallella 101 servicetunnelns längdmätning, och vid km 459+600 enligt dubbelspårstunnelns längdmätning. Pumpstationen ansluter till parallella 101 servicetunneln och dubbelspårstunneln via en anslutande tvärtunnel 301.

Under **2 Förutsättningar 2.1 Underlag** anges: För typinjektering, se: E00-17-025-0000-0104-PM Typinjektering.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Under **8 Injektering 8.1 Problemanalys** anges att injektering av pumpstation ej ingår i typinjekteringslösningarna eftersom det är en påtagligt avvikande geometri jämfört med de förutsättningar som typinjektering designats för.

Under **8.2 Krav på täthet** anges att det preliminära täthetskravet mellan km 459+600 – 459+920, inkluderande sidoanläggningar såsom pumpstationen, är tätningsklass 1 enligt Miljöprövningsuppdraget. Detta medför en täthet i storleksordningen 5-8 l/min och 100 m tunnel.

Under **8.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagna injekteringsmetodik i E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering med specifika anpassningar enligt nedan.

Under **8.3.1 Utsträckning** anges att anpassning gäller för injektering av pumpstationen. Anslutande tvärtunnlar ska tätas enligt typinjekteringskonceptet.

Under **8.3.2 Skärm- och borrhålslayout** anges att injektering ska utföras så att en tätad zon med 6 m stick på injekteringshålen erhålls runt slutgiltig kontur. Ansättning och orientering av injekteringshål ska anpassas till uttagsordning. Dock ska förinjektering alltid vara utförd före berggutttag och bergschakt ska alltid ske i förinjekterad bergmassa.

För permanent kvarstående gavlar ska injektering av fronten, s.k. stuffinjektering, utföras för att minska risk för kvarstående läckage genom gavelytan. Injekteringshål placeras jämt i gaveln och injektering ska utföras så att teroetisk inträngning erhålls mellan injekteringshålerna enligt design i E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering.

Under **8.3.3 Sonderingsbehov** anges att inget kompletterande sonderingsbehov föreligger vid pumpstationen.

Under **8.3.4 Kontroller** anges att inget behov av kompletterande kontroller föreligger vid pumpstationen.

Kommentar till injekteringsutförande och kontroll

Genom att anpassa skärmlängder så att skärm mot gavel passerar gaveln med föreskrivet överlapp behövs ingen stuffinjektering. I skärmen kan ingå extra hål för att säkerställa täthet i gaveln.

Hur vet man att man uppfyller täthetskravet 5-8 l/min och 100 m tunnel om man inte utför någon kontroll?

2.1.8 Tekniskt PM Bilaga 8 Vertikala schakt

Under **1 Inledning 1.1 Allmänt** anges att de objekt som behandlas är ventilationsschakt, brandgas och uteluft Smyrnakyrkan (härefter kallat vertikalschakt Smyrnakyrkan) med tillhörande accesstunnel, tryck-utjämningschakt Fogelbergsparken med accesstunnel S7 samt ventilationsschakt Föreningsgatan med accesstunnel, Fläktstation Haga samt tunnel V2. Objekten återfinns i anslutning till stationsområdet inom stationsområde Haga.

Projekteringen avser förstärkningssystem, injektering, kontroll och restriktioner vid tunneldrivnings- och schaktdrivningsarbeten.

Vidare anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning och dess komponenter.

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Vidare anges att projekteringsmetodiken för injektering beskrivs närmare i E00-17-025-0000-0104-Typinjektering.

Under **5 Problemanalys** anges att de vertikala schakten konstrueras utan tätkonstruktion. För att minimera omgivningspåverkan genom skadlig grundvattensänkning ska täthet säkerställas mot inläckage från omgivande berg genom omsorgsfull injektering.

Under **8 Injektering 8.1 Problemanalys och förutsättningar** anges att injektering av vertikalschakt ej ingår i typinjekteringsdesignen utan specifik design ska utföras.

Under **8.2 Krav på täthet** anges att det finns inga separata krav på inläckage för de vertikala schakten. Det är dock viktigt att erhålla en god tätning av schakten då de utgör möjliga vertikala vattentransportvägar samt skär genom ytberg med risk för en högre genomsläpplighet i kontakt med omgivande jordlager.

Kommentar:

Trafikverket har som projekteringsförutsättning angivit täthetskrav för samtliga delsträckor. Täthetskrav på en delsträcka gäller för tunnlar, bergrum, schakt mm längs delsträckan. För Vertikalschakt Smyrnakyrkan och Tryckutjämnings-schakt Fogelbergsparken gäller Täthetsklass 3 och för Ventilationsschakt Föreningsgatan gäller Täthetsklass 1.

Under **8.3 Specifik injektering** anges att injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik i E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering.

Under **8.3.2 Skärm- och borrhålslayout** anges att då det är viktigt att säkerställa en god täthet runt schakten ska ridåinjektering utföras runt hela schaktets omkrets före berguttag. Borrhål ska borraras till fullt djup före injektering.

Vidare anges att ridåinjektering utförs enligt ”split-spacing” förfarande där successivt mellanliggande hål borraras och injekteras. Behov av en tredje omgång baseras på injekteringsmedelsåtgång i de inledande omgångarna. En eventuell tredje omgång borraras då mellan de tidigare utförda (och injekterade) hålen. Detta innebär att c/c-avståndet mellan injekteringshål successivt halveras.

Under **8.3.3 Injekteringsutförande** anges att för att effektivisera tätningen och möjliggöra högsta möjliga injekteringsstryck i respektive sektion ska injektering utföras i anpassade längder av hålen. De översta 5 m av bergmassan ska alltid injekteras separat.

Det anges vidare att det är viktigt att reducera trycket med beaktande av risk för jacking av bergmassan.

Under **8.3.4 Sonderingsbehov Ventilationsschakt Föreningsgatan** anges att för ventilationsschakt Föreningsgatan ska vattenförlustmätningar utföras i samtliga hål, oavsett injekteringsomgång, i södra delen av schaktet för att bedöma risk för spridning av injekteringsmedel till närliggande undermarksanläggning. Vattenförlustmätning ska utföras från 15 m djup och utföras för motsvarande injekteringslängd för att identifiera mer genomsläppliga delar av hål.

Under **8.3.5 Kontroller** anges att för Tryckutjämnings-schakt Fogelbergsparken ska vattenförlustmätningar eventuellt utföras i den sekundära omgången för att kontrollera uppnådd täthet. Beslut om utförande av vattenförlust ska baseras på injekteringsmedelsåtgång i den primära omgången.

Vattenförlust ska kunna utföras för motsvarande injekteringssektionslängd och djup för att identifiera eventuellt mer genomsläppliga delar av hål.

Vidare anges att närliggande fastigheters dräneringssystem ska kontrolleras före och efter injekteringsarbetena.

Under **9 Slutsats och rekommendationer 9.1.1 Förinjektering** anges att injektering ska utgå från design redovisad i dokument E00-17-025-0000-0104, PM Typinjektering avseende maximalt injekteringsövertryck och injekteringsmedelsegenskaper. Injekteringen ska utföras som ridåinjektering enligt ”split-spacing” förfarande där successivt mellanliggande hål borraras och injekteras. Hålavstånd i den primära omgången ska vara 5 meter och efter injektering av den primära omgången ska en mellanliggande sekundär omgång hål borraras. Behov av ytterligare, tredje omgång, hål baseras på injekteringsmedelsåtgång i de inledande omgångarna. Preliminärt kriterium är om tre eller fler hål avbyts på grund av uppnådd maxvolym ska en tredje omgång utföras. Exakt omfattning och behov av en tredje omgång ska baseras på total injekteringsmedelsåtgång samt på eventuella vattenförlustmätningar.

Kommentar till injekteringsutförande och kontroll

Beskrivet utförande beaktar inte de täthetskrav som Trafikverket ställt som projekteringsförutsättning.

Inte heller beaktas Trafikverkets krav på de observationer och kontroller som ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet (TRVK Tunnel 11).

Ett hålavstånd på 5 m är dubbelt så stort som hålspetsavstånd i Injekteringsklass 1 som är 2,5 m.

Föreskrivet injekteringsutförande med högsta möjliga injekteringstryck i respektive sektion leder i aktuell berggrund till ett sämre tätningresultat och en uppenbar risk för jacking med åtföljande skadlig omgivningspåverkan.

Det rimmar också dåligt med vad som anges under **5 Problemanalys** där anges: "För att minimera omgivningspåverkan genom skadlig grundvattensänkning ska täthet säkerställas mot inläckage från omgivande berg genom omsorgsfull injektering."

Kontroll av närliggande fastigheters dräneringssystem bör också innefatta beredskap att spola dräneringssystemen under pågående injektering.

2.1.9 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 9 Servicetunnel 210 Haga

Under **1 Inledning 1.1 Allmänt** anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Under **1.2 Objekt** anges att objektet avser bergtunnelpåslaget och bergschaktningen av Servicetunnel 210 Haga vid km 0/038 – 0/962,8 i servicetunnelns längdmätning.

Under **2 Förutsättningar 2.1 Underlag** anges att:

För krav avseende täthet, se: Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet. Diareienummer: TRV 2016/3151.

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsförutsättning.

Under **2.2 Antaganden och avgränsningar** anges att projektering av bergtätning styrs av täthetsklass 2 vilket innebär ett tillåtet inläckage på 2-5 l/min och 100 m tunnel.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projekteringen är utförd med hänsyn tagen till allmänna och objektspecifika krav redovisade i TRVK Tunnel 11 och Västlänkens kravdatabas.

Under **7 Injektering 7.1 Problemanalys** anges att de delar av injektering för Servicetunnel 210 Haga som inte ingår i typinjekteringslösningarna enligt dokument E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering är

passager där bergtäckningen understiger 10 meter, tunnelpåslag och inledande 20 meter av tunnel vid passage av befintliga berganläggningar.

Under **7.2 Krav på täthet** anges att det preliminära täthetskravet för Otterhällan är enligt Miljöprövningsuppdraget för Servicetunnel 210 Haga är tätningssklass 2 (en täthet i storleksordningen 2-5 l/min och 100 m tunnel).

Passage av svaghetszoner inom BKD 9 sammanfaller med område som bedöms känsligt för en påverkan av grundvattennivån. Detta innebär att sträckan mellan km ca 0/220 till km ca 0/380 bedöms kräva en hög slutgiltig täthet.

Under **7.3.2 Ridåinjektering av förskärning** anges att för förskärning ska ridåinjektering utföras. Ridåinjektering ska utföras från där bergschakt överstiger 1 meter till förbi bergtunnelpåslagsläge. Ridåinjektering ska utföras innan bergschakt. Syftet med ridåinjektering är att förhindra stora inläckage till bergslänten samt att förlänga potentiella läckvägar till bergskärningsbotten.

Under **7.3.3 Botteninjektering av förskärning** anges att behov och utsträckning av botteninjektering avgörs utgående från injekterad volym i ridåinjektering samt eventuellt karterat vatteninläckage i förskärning.

Under **7.3.4 Skärm- och borrhålslayout** anges att vid bergtunnelpåslag utförs en förkortad skärm. Syftet med skärmen är att erhålla en ökad täthet i det ytliga berget. Borrhålsgeometrin ska inkludera ledningsrummet och krav på stick ska inkludera avstånd till slutgiltig teoretisk kontur. I sulan utförs en extra injekteringsrad med syfte att erhålla en övergång från tätning av det öppna bergschaktet.

Vid passage mellan km 0/540 – 0/560 ska injekteringshålens längd och stick i tak begränsas. Längden begränsas för att reducera risken för stor borrhålsavvikelse och maximalt stick reduceras beaktande bergtäckningen.

Under **7.3.5 Sonderingsbehov** anges att innan injektering ska vattenförlustmätningar utföras i samtliga takinjekteringshål mellan km 0/540 – 0/560 samt i övre vänster vägg och vänster del av tak mellan 0/925 – 0/962,8. Vattenförlustmätning ska utföras i helhål med 1,0 MPa övertryck.

Under **7.3.6 Injekteringsutförande** anges att för att minimera risk för spridning av injekteringsmedel till närliggande anläggning ska injekteringsvolym och injekteringstryck begränsas i tak mellan km ca 0/540 – 0/560 samt mellan 0/925 – 0/965 i övre vänster vägg och vänster del av tak.

Under **7.3.7 Kontroller** anges att då separat krav på inläckage föreligger för Servicetunnel 210 Haga är det viktigt att tidigt följa upp inläckage till tunneln. Vid passage mellan km ca 0/220 till km ca 0/380 där det föreligger behov av att uppnå hög täthet ska kontrollhål med vattenförlustmätningar i helhål utföras efter injektering.

Kommentar till injekteringsutförande och kontroll

Täthetskravet tätningssklass 2 innebär enligt PM Typinjektering att det i varje skärm utförs två injekteringsomgångar.

Bra att kontrollhål med vattenförlustmätningar utförs på sträckan 0/220 – 0/380.

Täthetskontroll på övriga sträckor nämns ej.

2.1.10 Tekniskt PM Bergteknik Bilaga 10, Linjen

Under **1 Inledning 1.1 Allmänt** anges att resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning och dess komponenter.

Under **1.2 Objekt** anges att Entreprenad Haga sträcker sig mellan km 458+315 vid bergtunnelpåslag vid Residenset till entreprenadgränsen vid km 460+000. Denna PM omfattar sträckan inom km 458+385 – 458+400 samt km 459+515 till km 460+000 i dubbelspårstunnelns längdmätning och km 0/200 – 0/717 i servicetunnelns längdmätning.

Under **2 Förutsättningar 2.1 Underlag** anges att: För typinjekterng av bergkonstruktioner, se: E00-17-025-0000-0104-Typinjektering. För krav avseende täthet, se: Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet. Diarienummer: TRV 2016/3151.

Kommentar:

Vad gäller krav avseende täthet har täthetskrav för samtliga delsträckor ställts av Trafikverket som projekteringsunderlag.

Under **2.3 Projekteringsmetodik** anges att projektering redovisad i denna rapport är utförd specifikt för linjen:

- Tätning av bergtunneln ska i huvudsak utföras med cementbaserat injekteringsmedel enligt framtagen typlösning. Utvärdering av injekteringsbehovet och utformning av eventuella avsteg från typlösning framgår av avsnitt **7, Injektering**.

Under **3.2 Hydrogeologi** anges att det i området mellan Kapellplatsen/Landala torg och Aschebergsgatan finns grundvattenberoende äldre grundläggning.

Vidare anges det bedöms vara en låg genomsläpplighet i bergmassan längs sträckan. Det förväntas något större genomsläpplighet vid passage av svaghetszoner.

Under **7 Injektering** anges att injektering för linjen ska utföras enligt dokument E00-17-025-0000-0104 PM Typinjektering.

Under **7.1 Krav på täthet** anges att största delen av sträckan, mellan km 459+600 – 459+920, ingår i det lägsta kravet på täthet vilket innebär ett inläckage i storleksordningen 5-8 l/min per 100 meter tunnel. Sträckorna 459+515 – 459+600 samt 459+920 – 460+000 är tätningssklass 3 enligt Miljöprövningsuppdraget med ett inläckagekrav i storleksordningen 2 l/min, 100 m tunnel.

Under **7.2 Linjen** anges att med beaktande av typinjekteringsskärmarnas stick på 6 meter ska en samverkande injekterad zon eftersträvas för dubbelspårs- och servicetunnel. Detta innebär att enbart den tunneldel som drivs först ska injekteras runt hela periferin. Injekteringsskärm för efterföljande tunnel ansluts till den injekterade zonen men injektering av mellanliggande bergpelare krävs ej för den efterföljande tunneln.

Kommentar till injekteringsutförande och kontroll

Vad som anges under 7.2 Linjen är en teoretisk beskrivning av en samverkande injekterad zon. I praktiken krävs att båda respektive tunnlar injekteras med en omslutande injektering.

Inget nämns om de observationer och kontroller som ska ligga till grund för successivt uppnådd och slutlig täthet (TRVK Tunnel 11).

2.1.11 Sammanfattande kommentarer

I granskade Tekniska PM Bergteknik anges under **1 Inledning 1.1 Allmänt** att redovisade resultat ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Under **2 Förutsättningar 2.1 Underlag** anges att för krav avseende täthet, se:

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för anläggande av Västlänken och Olskroken planskildhet.

För injektering av bergtunnlar hänvisas till PM Typinjektering.

Däremot nämns inte att Trafikverket för samtliga delsträckor ställt täthetskrav som projekteringsförutsättning.

I varje PM anges täthetsklass och vad klassen innebär när det gäller tillåtet inläckage i liter/min och 100 m tunnel.

Angivna täthetsklasser överensstämmer med Trafikverkets täthetskrav, som gäller som projekteringsförutsättning.

Men i granskade Tekniska PM Bergteknik, som anges vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, lämnas föreskrifter avseende injekteringsutförande, som inte beaktar angivna täthetsklasser. Där angivna krav är Täthetsklass 2 (TK2) och Täthetsklass 3 (TK3), föreskrives ett utförande som motsvarar Täthetsklass 1 (TK1).

Trafikverket har lämnat projekteringsförutsättningar för bergtunnlar/bergstationer vad avser täthetskrav. Kraven har ställts i form av tre täthetsklasser.

TK1 – lägst krav innebär en tillåten inläckning av 5-8 l/min och 100 m tunnel.

TK2 – medelkrav innebär en tillåten inläckning av 2-5 l/min och 100 m tunnel.

TK3 – högst krav innebär en tillåten inläckning av 2 l/min och 100 m tunnel.

Det är synnerligen anmärkningsvärt att föreskrifter för projektering av ritningar, beskrivningar och kontrollprogram inte beaktar Trafikverkets täthetskrav med till dessa kopplade utföranden av tätningsarbetet.

I handling 7.5.1 Bergteknisk Prognos anges under 6 Injektering att följande tre injekteringsklasser har utarbetats:

<i>Injekteringsklass I</i>	<i>Avser områden med medelstrika till mindre strika krav på inläckage samt områden utan större vattenförande zoner. Injektering utförs i en omgång med cementbaserat injekteringsmedel och behovsstyrd komplettering.</i>
<i>Injekteringsklass II</i>	<i>Avser områden med genomsläppligt berg och vattenförande zoner där det finns risk för kvarstående inläckage. Injektering utförs i två omgångar med cementbaserat injekteringsmedel.</i>
<i>Injekteringsklass III</i>	<i>Avser områden med strika krav på inläckage och där en hög slutgiltig täthet krävs. Generellt innebär detta en hög täthetsgrad och för att uppnå detta ska injektering utföras i två omgångar.</i>

Vidare anges att endast injekteringsklass I och III ingår i prognosen då injekteringsklass II inte kunnat verifieras i undersökningarna.

Av redovisade Täthetsklasser och Injekteringsklasser framgår att Injekteringsklass 1 ska tillämpas vid Tätningssklass 1 med en tillåten inläckning av 5-8 l/min och 100 m tunnel.

Vid Tätningssklass 2 med en tillåten inläckning av 2-5 l/min och 100 m tunnel och Tätningssklass 3 med en tillåten inläckning av 2 l/min och 100 m ska Injekteringsklass 3 tillämpas.

2.2 Kommentarer till Bergteknisk prognos, Version: A

2.2.1 Bakgrund

I Handlingen Bergteknisk prognos anges under **1 Inledning, 1.1 Syfte och mål** att:

Målet med den bergtekniska prognosen är att utifrån prognosticerade bergtekniska förhållanden redovisa valda bergklasser, typförstärkningslösningar och typinjekteringslösningar för bergförlagda konstruktionsdelar under jord. Resultaten i föreliggande rapport syftar till att utgöra ett kalkylerbart underlag för anbudsräkning.

Under **1.2 Objekt** anges att:

Denna rapport omfattar berganlagda konstruktionsdelar som sträcker sig från km 458+315 vid Påslag Residenset till entreprenadgräns E04 Haga-E05 Korsvägen vid km 460+000, se Figur 1.

Entreprenad Haga omfattas av följande delsträckor längs huvudlängdmätning för spår 22:

- *Dubbelspårstunnel från Påslag Residenset till Påslag Skattehuset, km 458+315 – 458+868*
- *Station Haga inklusive trumpet till dubbelspårstunnel med 21 meter spännvidd, km 458+104 – 459+515*
- *Dubbelspårstunnel med 21 meter spännvidd till Entreprenadgräns E04 Haga-E05 Korsvägen, km 459+515 – 460+000*

Förutom ovan beskrivna huvudtunneldelar ingår följande servicetunnlar och övriga utrymmen:

- *Servicetunnel 101 Haga – Korsvägen*
- *Servicetunnel 201 Otterhällan (B2)*

- *Befintlig servicetunnel till Götatunneln (B2)*
- *Servicetunnel 202 Kungshöjd*
- *Servicetunnel 204 Station Haga*
- *Servicetunnel 205A Station Haga*
- *Servicetunnel 205B Station Haga*
- *Servicetunnel 210 Haga*
- *Tvärtunnel 301*
- *Tvärtunnel 302*
- *Ventilationsschakt, Tryckutjämningschakt, Fläktstation, Pumpstation, Vändplats, Uppställningsplats, Teknikplats, Mötesplats*

Under Rosenlundskanalen mellan Påslag Skattehuset till Påslag Haga, vid km 458+868 - 459+104 ska tunneln schaktas i lera. Samtliga servicetunnlar är helt förlagda i berg.

Under **2 Underlag och avgränsning** anges:

2.1 Underlag

- *E04-17-025-0500-0100, Förundersökningsrapport, Bergteknik. Underlaget omfattas även av tillhörande 3D-modeller vilka listas i Bilaga 12, E04-17-013-0500-0112, Modellförteckning och modeller.*
- *E04-50GT-V1-0000-0003, Bergmodell*
- *E04-17-V2-0000-0900, Mastermodell Haga*

2.2 Avgränsning

Bergteknisk prognos omfattar endast delar inom utförandeentreprenad. Inom Befintlig servicetunnel till Götatunneln (B2) redovisas dock gränsen mellan utförandeentreprenad och totalentreprenad.

I denna PM redovisas enbart prognosticerad omfattning av typlösningar. Anpassade förstärknings- och injekteringslösningar redogörs för i dokument E04-17-010-0000-0009, Teknisk beskrivning Bergtunnel. För ritningar till sådana lösningar, se dokument E04-17-020-0000-0001, Ritningsförteckning, Bergteknik. Denna PM visar dock vilka tunnelsträckor/bergutrymmen som omfattas av anpassade förstärknings- och injekteringslösningar. Förinjektering och förbultning redovisas i Teknisk beskrivning bergtunnel.

Kommentar:

Som framgår av refererad text är det typlösningar som redovisas. Anpassade injekteringslösningar redogörs för i Teknisk beskrivning Bergtunnel. För ritningar till sådana lösningar hänvisas till Ritningsförteckning, Bergteknik. Dock visas vilka tunnelavsnitt/bergutrymmen som omfattas av anpassade injekteringslösningar.

Under **6 Injektering** anges att:

Injektering ska utgå från framtagen injekteringsmetodik enligt typinjekteringsritningar:

- *E00-17-300-0000-011, Typinjektering, Injekteringsklass 1*
- *E00-17-300-0000-012, Typinjektering, Injekteringsklass 2*
- *E00-17-300-0000-013, Typinjektering, Injekteringsklass 3*

Typinjekteringen gäller för områden där inga särskilda anpassningar krävs, vid avvikande förhållanden ska s.k. anpassad injektering utföras.

Följande tre injekteringsklasser har utarbetas:

- Injekteringsklass I* Avser områden med medelstrikta till mindre strikta krav på inläckage samt områden utan större vattenförande zoner. Injektering utförs i en omgång med cementbaserat injekteringsmedel och behovsstyrd komplettering.
- Injekteringsklass II* Avser områden med genomsläppligt berg och vattenförande zoner där det finns risk för kvarstående stora inläckage. Injektering utförs i två omgångar med cementbaserat injekteringsmedel.
- Injekteringsklass III* Avser områden med strikta krav på inläckage och där en hög slutgiltig täthet krävs. Generellt innebär detta en hög täthetsgrad och för att uppnå detta ska injektering utföras i två omgångar.

Endast injekteringsklass I och III ingår i prognosen då injekteringsklass II inte kunnat verifieras i undersökningarna. Samtliga bergtunnlar/bergrum ska drivas med systematisk förinjektering. Under byggnation ska designantaganden bland annat avseende fördelning av injekteringsklasser följas upp och genom kontinuerliga avstämmningar ska möjlighet finnas till justeringar vid behov.

Kommentar:

Trafikverket har angivit täthetskrav för samtliga delsträckor och berg-anläggningar i Entreprenad Haga. Tätningsskraven har redovisats i tre täthetsklasser med angivande av innebörd av täthetsbehov.

Tätningsskrav	Innebörd av tätningsskrav
TK1 – lägst krav	5-8 l/min, 100 m tunnel
TK2 – medelkrav	2-5 l/min, 100 m tunnel
TK3 – högst krav	2 l/min, 100 m tunnel

I den bergtekniska prognosen ingår enligt ovan Injekteringsklass I där täthetskravet inte är så högt och Injekteringsklass III där täthetskravet är högt. I Injekteringsklass I utföres en injekteringsomgång medan injekteringen i Injekteringsklass III ska utföras i minst två injekteringsomgångar. Innebörden är att det krävs mer omfattande injekteringsåtgärder där täthetskravet är högt än där täthetskravet är relativt lågt.

I 6 Injektering anges vidare att:

I Tabell 27 - Tabell 43 i nedanstående kapitel redovisas applicering av injekteringsklasser samt sträckor med anpassad lösning.

6.1 Påslag Residenset – Påslag Skattehuset

Tabell 26 Injekteringsklasser för dubbelspårstunnel km 458 + 320 – 458 + 868

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
458 / 315	458 / 380	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering
458 / 380	458 / 440	-	IK I

458 / 440	458 / 770	Inom skyddszon för befintlig UM-anläggning/ begränsad bergtäckning	Anpassad injektering
458 / 770	458 / 820	-	IK I
458 / 820	458 / 868	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering

6.2 Station Haga

Tabell 27 Injekteringsklass för stationsområde och trumpet km 459 + 104 – 459 + 515

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
459 + 104	459 + 443	-	Anpassad injektering
459 + 43	459 + 515	-	IK I

6.3 Station Haga – Entreprenadgräns E04 Haga-E05 Korsvägen

Tabell 28 Injekteringsklasser för dubbelspårstunnel km 459 + 515 – 460 + 100

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
459 + 515	460 + 695	-	IK I
459 + 695	459 + 722	-	Anpassad injektering
459 + 720	460 + 000	-	IK I

6.4 Servicetunnel 201 Otterhällan

I denna del ingår även vänd- och uppställningsplats 5 samt ledningsrum.

Tabell 29 Injekteringsklasser för servicetunnel 201 Otterhällan (B2)

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 000	0 / 034	-	Anpassad injektering
Pumpstation Residenset		-	Anpassad injektering

6.5 Servicetunnel Kungshöjd

Tabell 30 Injekteringsklasser för servicetunnel 202 Kungshöjd

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 018	0 / 040	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering
0 / 040	0 / 143	-	IK I
0 / 143	0 / 151		Anpassad förstärkning
0 / 151	1 / 163		IK I

1 / 163	1 / 198		Anpassad injektering
---------	---------	--	----------------------

6.6 Ventilationsschakt, brandgas och uteluft Smyrnakyrkan

Tabell 31 Injekteringsklasser för Ventilationsschakt, brandgas och uteluft Smyrnakyrkan, km 0/000-0/009 avser schaktväggar från botten till ytan

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 000	0 / 009	Schakt	Anpassad injektering
0 / 009	0 / 125	Kanal	IK I

6.7 Ventilationsschakt, brandgas och uteluft 503-505

Tabell 32 Injekteringsklass för Ventilationsschakt, brandgas och uteluft 503-505

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 000	0 / 142	-	Anpassad injektering

6.1 Servicetunnel 204 Station Haga

Tabell 33 Injekteringsklass för Servicetunnel 204 Station Haga

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 000	0 / 153	-	IK I

6.2 Servicetunnel 205a Station Haga

Tabell 34 Injekteringsklass för Servicetunnel 205a Station Haga

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 000	0 / 310	-	IK I

6.3 Servicetunnel 205b Station Haga

Tabell 26 Injekteringsklasser för dubbelspårstunnel km 458 + 320 – 458 + 868

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 000	0 / 028	-	IK I

6.4 Servicetunnel 101 Haga-Korsvägen parallell

I denna del ingår även teknik-, vänd- och uppställnings-/mötesplats 8

Tabell 36 Injekteringsklasser för servicetunnel 101 Haga-Korsvägen parallell

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 206	0 / 378	-	IK I
0 / 385	0 / 415		Anpassad injektering
0 / 417	0 / 718	-	IK I

6.5 Tryckutjämningschakt Fogelbergsparken

Tabell 37 Injekteringsklasser för Tryckutjämningschakt Fogelbergsparken, km 0/006-0/014,5 avser schaktväggar från botten till ytan

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 000	0 / 006	-	IK I
0 / 006	0/014,5	-	Anpassad injektering

6.6 Pumpstation Föreningsgatan

Tabell 38 Injekteringslösning för Tvärtunnel Pumpstation Föreningsgatan

Totalt antal meter	Kommentar	Injekteringsklass
15	-	Anpassad injektering

6.7 Tvärtunnel 301

Tabell 39 Injekteringsklass för Tvärtunnel 301

Totalt antal meter	Kommentar	Injekteringsklass
10	-	IK I

6.8 Ventilationsschakt Föreningsgatan V2

Km 0/000 - 0/008,5 avser schaktväggar från botten till ytan, km 0/008,5 - 0/038 avser ventilationsrum, resterande sträcka omfattar anslutande tvärtunnel och Teknikplats 7.

Tabell 40 Injekteringsklasser för Ventilationsschakt Föreningsgatan V2, Fläktstation Haga och inklusive teknikplats 7

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 000	0 / 034	-	Anpassad injektering
0 / 034	0 / 089	-	IK I

6.9 Tvärtunnel 302

Tabell 41 Injekteringsklass för Tvärtunnel 302

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 004	0 / 010	-	IK I
0 / 024	0 / 034	1	IK I

6.10 Servicetunnel 210 Haga

Tabell 42 Injekteringsklasser för Servicetunnel 210 Haga

Från (km)	Till (km)	Kommentar	Injekteringsklass
0 / 038	0 / 060	Begränsad bergtäckning	Anpassad injektering
0 / 060	0 / 230	-	IK I

0 / 230	0 / 530	-	IK III
0 / 530	0 / 590	-	IK I
0 / 590	0 / 620		Anpassad injektering
0 / 620	0 / 968	-	IK I

Kommentar:

Trafikverket har angivit lägst Täthetskrav TK1 (5-8 l/min, 100 m tunnel) inom del av Tabell 28, del av Tabell 36 och inom Tabellerna 38-41. Inom övriga 11 tabeller och inom delar av Tabellerna 28 och 36 är Trafikverkets täthetskrav framför allt TK3 (2 l/min, 100 m tunnel) och i mindre omfattning TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel).

Av Tabellerna 26-41 framgår att den bergtekniska prognosen upprättats utan att beakta Trafikverkets täthetskrav. Med undantag för ett delavsnitt i Tabell 42, där prognosen anger Injekteringsklass III, anger prognosen att Injekteringsklass I och anpassad Injekteringsklass I ska utföras. Innebörden av prognosen är att en injekteringsomgång räcker för att uppfylla täthetskraven 2 l/min, 100 m tunnel och 2-5 l/min, 100 m tunnel. Detta är inte trovärdigt.

I dokumentet "Redogörelse för metod i bergteknisk prognos" anges i avsnitt 6 Val av injekteringsklasser:

Val av injekteringsklasser baseras på utförda hydrogeologiska undersökningar vilka redovisas i dokument E04-17-025-0400-0001, FUR E04 Haga, dokument E00-17-025-0000-0100, Ingenjörsgelogisk prognos samt underlag till Miljödomsansökan i form av PM Hydrogeologi, daterat 2016-02-10. Till detta har genomgång av förutsättningarna avseende krav på täthet längs tunnelsträckningen hållits i samråd med Miljöprövningsuppdraget.

I den ingenjörsgelogiska prognosen har en utvärdering av vattengenomsläppligt berg gjorts, i svaghetszoner och i typisk bergmassa. Fåtal mätningar har kunnat verifiera särskilt hög vattengenomsläpplighet i berget oavsett kvalitet och sprickighet. Data från svaghetszonerna har därför inte varit ensamt styrande för val av en högre injekteringsklass, dvs. IK III (IK II har inte tillämpats i denna fas). Dock har tolkade svaghetszoner tillsammans med övrigt underlag som motiverar val av IK III bidragit till val av denna injekteringsklass.

Upprättandet av den Bergtekniska prognosen avseende Injektering har uppenbart inte baserats på angiven metod.

Till detta kan läggas att den Bergtekniska prognosen inte heller stämmer med föreskrifter i Teknisk Beskrivning, Bergtunnel, Version C.

I avsnitt 1.1 i den Bergtekniska prognosen anges att resultaten syftar till att utgöra ett kalkylerbart underlag för anbudsräkning. Ett underlag för anbudsräkning måste grundas på ett fackmäsigt tätning utförande baserat på föreskrifter och krav. En mycket stor del av injekteringskärmarna kommer med stor sannolikhet att behöva utföras i två eller fler injekteringsomgångar och inte i en injekteringsomgång (IK 1).

Enligt styrande dokument TRVK Tunnel 11 ska vid projektering bl.a. anges:

- De observationer och kontroller som ska ligga till grund för att verifiera successivt uppnådd och slutlig täthet
- Ågärder då avsedd täthet inte uppnås och risk för betydande skada fortfarande kvarstår.

Med utförande av Injekteringsklass III inom de avsnitt där täthetskravet är TK2 och TK3 så ingår i Injekteringsklass III att efter två injekteringsomgångar utföra kontrollhål med vattenförlustmätning för att kontrollera om täthetskravet är uppfyllt. Om inte kravet är uppfyllt utförs kompletterande injektering följt av täthetskontroll.

Trafikverket har därför beslutat att när injekteringen utförs enligt Injekteringsklass I, med en injekteringsomgång, så ska kontrollhål och vattenförlustmätning utföras för att kontrollera uppnådd täthet. Är inte täthetskravet uppfyllt så övergår utförandet i Injekteringsklass III med en andra injekteringsomgång följt av kontroll enligt ovan.

2.3 Kommentarer till Teknisk Beskrivning Bergtunnel, Version: C

2.3.1 BBC.14 Hydrogeologisk undersökning

I tidigare version av Teknisk Beskrivning angavs att:

Inläckage av grundvatten i tunnlar och bergschakt ska mätas för att visa att täthetskrav uppfylls under byggtiden. Mätvallar eller likvärdiga mätningar ska anläggas med c/c 200 m. (Ska kompletteras med avseende på mätmetodik under byggskedet.)

I föreliggande version C har BBC.14 tagits bort. I dokumentet Typinjektering anges under 10.1.5 Kontroll och uppföljning av Injekteringsklass 1 bl.a.:

Uppföljning av inläckage ska inom Injekteringsklass 1 främst utföras i temporära mätdammar.

Under 10.3.5 Kontroll och uppföljning anges bl.a.:

Förutom temporära mätdammar ska även kontrollhål utföras inom Injekteringsklass 3, då det är viktigt att säkerställa att tillräcklig tätning uppnåtts.

Krav på kontroller anges till entreprenör i Kontrollprogram och dess utförande beskrivs i Teknisk Beskrivning i bygghandlingarna.

I föreliggande version C anges under CDD.11 Förinjektering bl.a.:

Kontroll av erhållen täthet ska utföras genom mätning av inläckande vatten.

Under CDD.141 redovisas en rubrik "Ridåinjektering vid mätdike".

Kommentar:

I föreliggande TB finns ingen beskrivning över var, när och hur inläckande vatten ska mätas.

I BeFo Rapport 104 Mätningar av vatten till bergtunnlar anges:

- Intention med mätningarna
- Hur dag- och dräneringsvatten ska separeras
- När mätningar ska påbörjas
- Var mätningar ska göras
- Vilken typ av mätanordning som ska användas
- Hur ofta mätningar ska göras, samt hur mätningar ska rapporteras
- Skötsel- och kalibreringsinstruktioner

Handlingarna ska också innehålla skrivningar om konsekvenserna i de fall inte direktiven följs.

2.3.2 CBC Bergschakt

Under **CBC Bergschakt** anges:

Behovet och val av drivningsrestriktioner är inte lika tydligt kopplat till mätbara eller observerbara parametrar jämfört med val av förstärkning.

Kommentar:

Läckande vatten i salvhål måste innebära en drivningsrestriktion. Beskrivning av åtgärder saknas.

Under **CBC 6.11** anges att:

Tunneldrivning får utföras till max 150 m från ej färdigställt mätdike. Mätdiket ska vara färdigställt för kontinuerlig mätning innan fortsatt tunneldrivning får utföras. Föreskrivet funktionskrav för del i totalentreprenad framgår av dokument Teknisk Beskrivning Mark och Anläggning, E04-00-010-0000-0002.

Kommentar:

Avståndet 150 m är orimligt med hänsyn till att mätning av inläckande vatten måste utföras i takt med framdrift och utförda tätningsåtgärder. Ett mätdike vid tullgräns måste utföras och vara i funktion så snart tunneldrivningen passerat läget för diket. Tunneldrivning får utföras max 50 m från ej färdigställt dike.

I Tekniskt PM Bergteknik anges att:

Resultat redovisade i denna PM ska vara styrande för ritningar, beskrivningar och kontrollprogram, vilka i sin tur anger krav på

utformning, materialegenskaper, utförande samt kontroll av bergförstärkning, bergdrivning, injektering och dess komponenter.

Föreskriven teknisk lösning för mätdike ska framgå av Teknisk beskrivning Bergtunnel och ej genom hänvisning till Teknisk beskrivning Mark och Anläggning.

Under rubriken "Bergschakt vid mätdike i tunnel" anges att:

Beställaren anvisar läge för mätdike.

Kommentar:

Lägen för mätdiken ska framgå av bygghandlingarna. Mätdiken måste finnas i gräns mellan sträckor med olika täthetskrav, annars är det omöjligt att kontrollera om täthetskraven uppfyllts.

Mätning av inläckande vatten är en viktig del i det Kontrollprogram som ska ingå i Bygghandlingarna.

2.3.3 CDD.1 Injektering

Under "Kontroll av borrhålsavvikelse" anges:

Om krav på tillåten hålavvikelse ej uppfylls kan beställaren besluta om utökad kontroll och/eller kortare borrhålslängder tills entreprenören kan visa att angiven tolerans kan innehållas.

Kommentar:

Det saknas föreskrifter om vilka borrhålsavvikelser som maximalt kan tillåtas.

2.3.4 CDD.1 Injektering

Under rubriken "Injekteringsutrustning för cementbaserat injekteringsmedel" anges att:

Kapacitet på injekteringspumpar ska ej vara begränsande vid injektering. Pumpkapacitet ska vara minst 70 l/min vid 4 MPa och minst 100 l/min vid 0,5 MPa tryck. Injektering ska kunna utföras med tryck mellan 0,5 MPa – 6 MPa.

Kommentar:

Injekteringsdesignen i dokumentet Typinjektering nämner inte dessa tryck och flöden. Risk för jacking föreligger redan vid 2 MPa och betydligt mindre flöden i aktuell berggrund. Entreprenören kan uppfatta att det är fritt fram att starta injekteringen med högre tryck och flöde än vad som i föreskrifter anges som max injekteringstryck (vanligen ≤ 2 MPa). Ett sådant förfarande är katastrofalt för tättningsresultatet och medför stor risk för skadlig omgivningspåverkan.

Det är däremot viktigt hur många pumpar som erfordras för att samtidigt kunna injektera hål med samband. Utrustning för samtidig injektering av ≥ 5 hål bör

krävas. Sambandshål, som injekteras när pump blir ledig, är ett förlorat hål med dålig tätningseffekt.

Injekteringsutrustning omfattar också blandare (kolloidkvarn) med hög dispergeringseffekt, varvtal minst 1 750 varv/min. Vidare krävs mellanlagringskäril med omrörare, ett käril per pump.

Injektering av flera hål utan inbördes hydraulisk förbindelse med samma pump leder till sämre tätningsresultat och bör undvikas.

Krav på registrering vid injektering av flera hål med samma pump saknas.

Under rubriken "Utförandekrav" avseende Borrning för injektering anges att:

Borrhål får ej utföras närmare än 5 m från befintlig berganläggning.

Kommentar:

Det måste anges vilka borrhålskrav som gäller.

Under rubriken Vattenförlustmätning anges att:

Vattenförlustmätning efter injektering ska utföras vid:

- *områden med särskilt täthetskrav*
- *utökad kontroll t.ex. vid utvärdering av inledande injektering eller uppföljning av injekteringsutförande*

Kommentar:

Alla områden omfattas av särskilda täthetskrav (Trafikverkets täthetskrav). Vad menas med särskilt täthetskrav? Avses TK2 och TK3? Vad innebär utökad kontroll?

Under rubriken Vattenförlustmätning anges vidare att:

Resultat från vattenförlustmätning efter injektering ska lämnas till beställaren inom 1 timme efter utförande. Resultatet ska utgöra underlag för beställarens beslut om fortsatt bergschakt.

Kommentar:

Det ska framgå av bygghandlingarna vilket vattenförlustvärde som på aktuell sträcka verifierar att täthetskravet är uppfyllt. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska det framgå av bygghandlingarna vilka ytterligare tätningsåtgärder som ska vidtagas.

Under rubriken Kontroll, Förundersökning av injekteringsmedel anges att:

För att påvisa repeterbarhet av uppnådda egenskaper och riktvärden ska minst två (2) separata blandningar utföras för respektive blandning (recept).

I dokument Typinjektering; Designunderlag injekteringsmedel anges:

Detta innebär att utgående från kravställen gällande erforderlig inträngningsförmåga, erforderlig inträngningslängd samt hållfasthetskrav ska ramar upprättas för designen. Ramarna ska innehålla riktvärden för injekteringsmedlens egenskaper.

I Tabell TB CDD.1/1 Kontroller vid förundersökning redovisas Filtreringsstabilitet, som är en viktig egenskap, för att kunna uppnå ett bra tätningresultat. Under Utvärderingskriterium anges ej riktvärden.

Kommentar:

Det är viktigt att en förundersökning resulterar i bruksblandningar med så bra egenskaper som möjligt. För detta krävs att riktvärden, baserade på egenskaper som uppnåtts med bra utrustning (blandare) och bra recept, anges. Krav på blandare ställs under Injekteringsutrustning. Resultatkrav vid fortlöpande provning är att resultaten vid godkänd förprovning ska uppnås.

Under rubriken "Fortlöpande kontroll av injekteringsmedel anges att:

Beställaren beslutar om toleranser (gränsvärden) inför fortsatt fortlöpande kontroll baserat på resultat från förundersökning.

Kommentar:

Samma utrustning som använts vid förprovnings ska användas vid den fortlöpande provningen. Samma resultat vid den fortlöpande provningen visar att injekteringen sker med vid förundersökningen godkänd bruksblandning (filterpump). Medelvärden inom angiven tolerans är ej vad som ska gälla.

Under rubriken Injekteringsteknik anges att:

Hål med konstaterat samband ska injekteras samtidigt eller direkt när ledig utgång finns.

Injektering får utföras i upp till tre hål samtidigt med en pump, s.k. multihålsinjektering.

Fler än tre hål per pump får injekteras samtidigt om registrering av pumptid, injekterad volym, tryck och flöde kan göras för respektive hål.

Multihålsinjektering ska eftersträvas för hål med liknande inläckage och vid hål med samband.

Kommentar:

För att uppnå en effektiv tätning av varje hål bör multihålsinjektering endast tillämpas vid hål med samband.

Att injektera hål med samband när ledig utgång finns medför att tätningseffekten blir dålig.

Under rubriken Injekteringstryck anges att:

Injektering ska efter uppnådd hålfyllnad inledas med ett högt flöde tills angivet injekteringsövertryck (designtryck) uppnåtts. Tryck ska därefter hållas konstant under resterande injekteringstid.

Kommentar:

Konsekvensen av föreskriven injektering är att vissa sprickkanaler jackas (utvidgas) varigenom bruksblandningen okontrollerat sprids utanför planerad tätzon. En annan konsekvens är att det vid öppningen till små sprickkanaler bildas filtreringskakor som förhindrar tätning av de små kanalerna. I den aktuella berggrunden med föreliggande höga till mycket höga täthetskrav är det av största vikt att förekommande små sprickkanaler tätas.

Det är därför viktigt att injekteringsutförandet tidigt utvärderas med avseende på tecken på skadlig jacking, stoppkriterier, max volym och tätningsresultat. Krav på utvärdering, hur den ska göras, ska framgå av kontrollprogram.

Under Injekteringsklass 1 anges:

Beslut avseende justering av injekteringsförfarande ska tas baserat på resultat av inflödesmätningar i sonderingshål. Vid inflöde över gränsvärde ska injektering utföras enligt Injekteringsklass 2.

Kommentar:

Trafikverket har beslutat om ett ändrat utförande och kontroll av systematisk förinjektering. Detta innebär att på sträckor där inte Injekteringsklass 3 föreskrivits, ska injekteringen starta med Injekteringsklass 1. Tätningsresultatet kontrolleras med hjälp av kontrollhål. Visar hålen att täthetskravet inte uppfyllts utföres en andra injekteringsomgång och utförandet går över i Injekteringsklass 3 med tillhörande kontrollhål, efter andra omgångens injektering.

Texten under rubriken Injekteringsklass 1 behöver ses över.

Under rubriken Kompletterande hål/omgång anges:

I områden med särskilda täthetskrav ska beslut om kompletterande omgång tas baserat på vattenförlustmätningar i kontrollhål.

Kommentar:

Som anförts ovan i kommentar till Vattenförlustmätning omfattas alla områden av särskilda täthetskrav (Trafikverkets täthetskrav). I det ändrade utförandet av systematisk förinjektering är kontrollhål ett viktigt medel att säkerställa att täthetskraven uppfylls.

Mot denna bakgrund bör texten om kompletterande hål utgå, då angivna kriterier inte är relevanta i det av Trafikverket ändrade injekteringsutförandet.

Detta gäller även för injekteringsklass 2.

Under rubriken Injekteringsklass 3 anges under Kompletterande hål/omgång att:

Beslut om kompletterande hål efter den andra omgången tas av beställaren baserat uppmätt täthet i kontrollhål och/eller antal hål i andra omgången [etc]

Vidare anges att:

Kompletterande hål utförs mellan tidigare utförda injekteringshål inom det område som ska kompletteras och anvisas av beställaren.

Beslut om kompletterande hel omgång ska tas utgående från resultat i kontrollhål alternativt om antalet kompletterande hål överstiger 25% av antalet hål i inledande omgång.

Kommentar:

I det ändrade utförandet av systematisk förinjektering är kontrollhålens funktion att säkerställa att täthetskraven uppfylls. Om kontrollhålen inte visar att täthetskravet enligt uppsatta kriterier är uppfyllt, utföres en kompletterande omgång.

Mot denna bakgrund bör texten ses över och vad som anges beträffande kompletterande hål tas bort. Det är inte beställaren som ska kallas för att fatta beslut, utan det ska framgå av Teknisk Beskrivning vad entreprenören ska göra vid olika utfall i kontrollhålen vid aktuellt täthetskrav.

Under rubriken Uppföljning av kriterier för kompletterande hål/omgång anges att:

Beställaren anvisar om mätning för denna uppföljning och anvisar om eventuellt förändrade kriterier utgående från resultat av utvärdering.

Kommentar:

Vad är det för mätning som ska utföras?

Under Anpassat injekteringsutförande redovisas föreskrifter för:

Pumpstation Föreningsgatan, Servicetunnel 201 Otterhällan, Servicetunnel 202 Kungshöjd, Servicetunnel 210 Haga samt Station Haga med Stationsrum och trumpet, Mellanplan, Serviketunnel, Fläktrum/teknikrum, Ventilationstunnlar och Uppgång Handelshögskolan.

Kommentar:

Varför utelämnas t.ex. Residenset och Skattehuset? I Konstruktionsstartmöte Berg för E04 – Haga 2017-02-17 informerade Magnus Zetterlund om tätningsutförande i entreprenaden. Han nämnde bl.a. att Injekteringsklass 3 skulle tillämpas vid Residenset och Skattehuset.

För vissa av anläggningarna anges vilken injekteringsklass som gäller:

Serviketunnel 201 Otterhällan

Injektering ska baseras på Injekteringsklass 1.

Stationsrum och Trumpet

Mellan km 459+105 till 459+205 i Stationsrum ska injektering utföras enligt Injekteringsklass 3. I övriga delar ska injektering utföras enligt Injekteringsklass 1.

Mellanplan

Injektering ska utföras enligt Injekteringsklass 1.

Servicetunnel

Injektering av servicetunnel inom Station Haga ska utföras enligt Injekteringsklass 1.

Fläktrum/teknikum

Injektering av fläktrum/teknikum ska utföras enligt Injekteringsklass 3

Ventilationstunnlar

Injektering av ventilationstunnlar ska utföras enligt Injekteringsklass 3.

Kommentar:

Trafikverket har beslutat om ett ändrat utförande och kontroll av systematisk förinjektering. Detta innebär att på sträckor där inte Injekteringsklass 3 föreskrivits ska injekteringen starta med Injekteringsklass 1. Tätningresultatet kontrolleras med hjälp av kontrollhål. Visar hålen att täthetskravet inte uppfylls utföres en andra injekteringsomgång och utförandet går över i Injekteringsklass 3 med tillhörande kontrollhål efter andra omgångens injektering.

Följaktligen är det fel att föreskriva att injekteringen ska utföras enligt Injekteringsklass 1 där täthetskravet är TK2 eller TK3. Injekteringen startar enligt Injekteringsklass 1 men slutlig Injekteringsklass beror på resultaten i kontrollhålen.

Detta måste tydligt framgå i Teknisk Beskrivning. Därför måste dels täthetskravet anges dels det kriterium i täthetskontrollen som visar att täthetskravet i aktuell Täthetsklass är uppfyllt.

Texten ses över och kompletteras.

Servicetunnel 201 Otterhällan

Injektering ska baseras på Injekteringsklass 1. Förinjektering av bergmassa ska vara utförd innan bergschakt utförs. Bergschakt för ledningsrum inom servicetunnel till Götatunneln (B2) kan dock utföras utan förinjektering.

Kommentar:

I Tekniskt PM Bergteknik, Bilaga 2 Servicetunnel Otterhällan (B2) anges:

”Dock ska injektering alltid vara utförd före berguttag och bergschakt ska alltid ske i förinjekterad bergmassa.”

Detta gäller även för ledningsrum.

Station Haga

Vid bergschakt i sekvenser, t.ex. flera pallar eller genom drivning med pilot och strossning ska berg som inte ska schaktas inom 1 månad förinjekteras.

Kommentar:

Allt berg ska vara förinjekterat innan bergschakt (omslutande tätzon).

Station Haga

Utökad kontroll av uppnådd täthet genom vattenförlustmätningar i kontrollhål ska utföras inom Station Haga. Vid drivning av central pilotunnel i Stationsrum ska minst sex (6) kontrollhål per skärm utföras. För övriga delar ska minst fyra (4) kontrollhål per skärm utföras.

Kommentar:

Vilken kontroll av uppnådd täthet har föreskrivits så att utökad kontroll ska utföras i varje skärm?

Enligt av Trafikverket beslutat utförande ska kontroll av täthetskravet utföras efter varje injekteringsomgång.

En täthetskontroll med aktuella areor måste omfatta betydligt fler kontrollhål efter en injekteringsomgång än vad som anges för kontroll av skärm.

Under Kontroll, Kontroll av erhållen täthet anges att: "Kontroll av erhållen täthet ska utföras genom mätning av inläckande vatten."

Kommentar:

Var, när och hur?

Detta ska framgå av Kontrollprogram.

Under Kontrollhål anges att:

Kompletterande injekteringshål ska utföras då vattenförlust överstiger 2,5 l/min (vid 1 MPa vattenförlustövertryck).

Kompletterande hel injekteringsomgång ska utföras då ett av följande kriterier infaller:

- *Vattenförlust överstiger 2,5 l/min (vid 1 MPa vattenförlustövertryck) i minst hälften av kontrollhålen.*
- *En total vattenförlust överstigande totalt 10 l/min i samtliga kontrollhål*

Kommentar:

I vilken täthetsklass och vid vilken borrhålslängd gäller redovisade kriterier?

Kriterier för godkänd tätning måste redovisas för de tre täthetsklasserna och anges i Lugeon.

Redovisade antal kontrollhål per skärm i spårtunnlar, servicetunnlar och pilottunnlar är för litet för att resultaten ska visa om täthetskraven har uppfyllts eller om ytterligare injekteringsomgång ska utföras.

Texten revideras och kompletteras.

Vidare anges att:

Kontrollhål ska utföras inom Injekteringsklass 3 samt inom områden med särskilda täthetskrav inom övriga injekteringsklasser. Kontrollhål ska även utföras enligt särskild beställning för utvärdering av injekteringskoncept eller för förhöjd uppföljning vid misstanke om bristande uppnådd täthet.

Kontrollhål ska utföras innanför teoretisk bergkontur.

Kontrollhål ska vattenförlustmätas med 1 MPa övertryck under minst 3 minuter med konstant flöde. Resultat ska anges med liter per minut och angivet tryck.

Kommentar:

Med undantag av Injekteringsklass 3 ska kontrollhål utföras efter varje injekteringsomgång för att kontrollera om tätningsresultatet uppfyller täthetskravet i aktuell tätningsklass eller om en ny injekteringsomgång ska utföras. Trafikverket har angivit gällande täthetskrav för alla ingående delar av entreprenaden.

Syftet med kontrollhålen är att kontrollera tätheten på den injekterade zon som omger planerad bergschakt. Kontrollhålen ska därför utföras i den tätade zonen och inte innanför teoretisk bergkontur.

Resultat av vattenförlustmätningar i kontrollhål ska redovisas i Lugeon, så att resultatet direkt kan jämföras med täthetskriterier i Lugeon i aktuell täthetsklass.

Kontrollprogram för kontroll av erhållen täthet med lägen för mätdiken mm saknas.

Likaså saknas tullgränser för tätning.

2.3.5 CDD.14 Ridåinjektering

Under Borrning för injektering anges:

Borrhål får avvika maximalt 5% av hållängden från teoretiskt läge för borrhål upp till 25 m längd och för borrhål över 25 m är maximal avvikelse 3% av hållängden.

Kontrollmätning och dokumentation av att borrhål kan utföras inom angiven tolerans ska utföras på begäran av beställaren.

Kommentar:

Det är entreprenören som ska visa att borrhålen är utförda inom angiven tolerans.

Det räcker att ange en borrhåletolerans där maximal avvikelse är 3 % av hållängden.

Det anges ej att underkända hål ska ersättas med nya hål.

Under "Injekteringsteknik" anges att:

Ridåinjektering ska utföras enligt "split-spacing" förfarande. Detta innebär att inledningsvis borrar vartannat hål och injektering av dessa utförs. Därefter borrar och injekteras mellanliggande hål.

Kommentar:

Vid utförande i Injekteringsklass 3 ska kontroll av uppnådd täthet utföras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning.

Vid utförande i Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras efter första omgången. Om täthetskravet ej är uppfyllt övergår utförandet med en andra injekteringsomgång enligt Injekteringsklass 3 följt av kontroll av uppnådd täthet.

2.3.6 CDD.141 Ridåinjektering med cementbaserat injekteringsmedel

Under "Ridåinjektering förskärning" anges att:

Omfattning beslutas av beställaren. Beslut om eventuell Omgång 3 tas av beställaren baserat på injekteringsmedelsåtgång i Omgång 2.

Kommentar:

Projektören, inte beställaren, ska föreskriva åtgärder med hänsyn till täthetsbehov och vilka kontroller och åtgärder som ska utföras för att verifiera att gällande täthetskrav är uppfyllt.

Under "Ridåinjektering vertikala schakt" anges att:

Injektering ska utföras med nivåinjektering. Maximal injekterad sektionlängd, tryck, injekteringstid och max injekteringsvolym ska anpassas till bergtäckning enligt Tabell TB CDD.141/2.

Kommentar:

Föreskrifterna är märkliga. Varför föreskriva ett utförande där angiven maxvolym över huvud taget inte har med tätning runt schaktet att göra? Endast vid

jacking kan sådana maxvolymmer inträffa. Var finns kopplingen i föreskrivet utförande med gällande täthetskrav och Injekteringsklass?

Hur kontrolleras att täthetskravet är uppfyllt i Injekteringsklass 3?

Beställaren ska inte besluta något om Omgång 3. Projektören, inte beställaren, ska föreskriva åtgärder med hänsyn till täthetsklass och vilka kontroller som ska utföras för att verifiera att erforderlig tätning utförts.

Under ”Botteninjektering förskärning” anges att:

Omfattning av botteninjektering beslutas av beställaren utgående från injekterad volym i ridåinjektering och eventuellt karterat inläckage i förskärning.

Kommentar:

Det är projektören och inte beställaren som föreskriver åtgärder. Hur kontrolleras att täthetskravet är uppfyllt?

”Ridåinjektering vid mätdike”

Kommentar:

Det finns ingen beskrivning av utförande av mätdike. Texten kan därför ej kommenteras.

3 Granskning av ritningar, Injektering

3.1 Passage av Stadsarkivet/Service tunnel B2

Trafikverkets täthetskrav är TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel). Efter injektering enligt ritning (IK1) ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3).

Det framgår ej av ritningen hur injekteringsomgång 2 ska utföras.

Det anges att om tre eller flera hål i samma del av skärm uppnår maximal injekteringsvolym, mellan km 458+430 till 458+498, ska injektering av resterande hål utföras med blandning 3.

Blandning 3 (vct 0,6) är ett ”stoppbruk” och har ingen inträngning i aktuell bergmassa och därmed ingen tätningseffekt. Trolig orsak om hål når maximal injekteringsvolym är jacking i en eller flera sprickor.

3.2 Passage av Götatunneln

Trafikverkets täthetskrav är TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel). Efter injektering enligt ritning (IK1) ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3).

Det framgår ej av ritningen hur injekteringsomgång två ska utföras.

Det anges att om tre eller flera hål i samma del av skärm uppnår maximal injekteringsvolym ska injektering av resterande hål utföras med blandning 3.

Blandning 3 (vct 0,6) är ett stoppbruk och har ingen inträngning i aktuell bergmassa och därmed ingen tätningseffekt.

3.3 Servicetunnel Kungshöjd

Trafikverkets täthetskrav är på sträckan km 458+700 – 458+820 TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel) och på sträckan km 458+820 – 458+860 TK3 (2 l/min, 100 m tunnel).

Efter injektering enligt ritning (IK1) ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3).

Det framgår ej av ritningen hur injekteringsomgång 2 ska utföras.

3.4 Station Haga, Påslag Hagakyrkan

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Vid Konstruktionsmöte – Berg för E04 – Haga 2017-02-17 informerade Magnus Zetterlund, Norconsult att Injekteringsklass IK3 gäller från påslaget t.o.m. Teknikutrymme. Detta innebär två injekteringsomgångar följt av kontroll av uppnådd täthet med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet inte är uppfyllt utföres ytterligare injekteringsomgång.

Ritningen visar inte ett sådant utförande utan injektering enligt IK1.

Stickmått i del av taket, $a = 4$ m, är för stort, med tanke på redovisad bergtäckning.

Ingen föreskrift lämnas avseende vilket injekteringsstryck som ska gälla.

Angiven max injekteringsvolym 200 l per 18 m injekteringshål exklusive slang- och hålfyllnad är alldeles för stor med tanke på bergtäckningen.

Under **Föreskrifter** anges:

Vid drivning med central pilot och sidopiloter utföres förinjektering enligt ritning E04-17-300-500-660.

En ny injekteringsritning för Påslag Hagakyrkan måste tas fram där föreskrifterna för injekteringsutförande beaktar såväl täthetskrav och Injekteringsklass som föreskrivet drivningsutförande med central pilot och sidopiloter. Det måste också framgå hur injektering runt tekniktunneln ska utföras.

3.5 Station Haga, Fläktrum

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Vid Konstruktionsmöte – Berg för E04 – Haga 2017-02-17 informerade Magnus Zetterlund, Norconsult att Injekteringsklass IK3 gäller för aktuellt avsnitt.

Det på ritningen föreskrivna utförandet uppfyller inte ens ett utförande enligt injekteringsklass IK1.

Vid systematisk förinjektering, som gäller för Västlänken, ska förinjektering alltid vara utförd före berguttag och bergschakt ska alltid ske i förinjekterad bergmassa.

Förinjektering ska utföras på ett sådant sätt att en "tätzon" bildas runt planerad tunnel. Ingen del av tak, vägg eller botten lämnas utan tätning.

Enligt aktuell ritning utförs ingen förinjektering av temporär botten. Detta innebär att kontroll av uppnådd täthet i "tätzon" ej går att utföra, vare sig med hjälp av kontrollhål eller genom mätning av inläckande vatten. Inläckage genom otätad temporär botten leder snabbt till skadlig omgivningspåverkan.

Det anges att: "Förinjektering av västra delen av Teknikutrymmet (km 459+147 – km 459+187,5) injekteras från Servicetunneln där den ansluter under plattformsrums."

Utförande med stick och borrhålslängder redovisas ej.

Ej heller framgår av hänvisad ritning E04-17-300-0500-630 hur injektering för tekniktunneln ska gå till. Se kommentar till Påslag Hagakyrkan.

En ny Injekteringsritning som beskriver förinjektering i gällande injekteringsklass IK3 måste tas fram, som visar utförande av omslutande tätzoner för planerade berguttag. Detta är en förutsättning för att föreskrivna kontroller av tätningsresultatet ska kunna utföras.

3.6 Station Haga, Stationsrum

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min och 100 m tunnel). Efter injektering enligt ritning (IK1) ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3).

Det framgår ej av ritningen hur injekteringsomgång 2 ska utföras. Inte heller framgår föreskrifter avseende injekteringstryck.

Under **Föreskrifter** anges att förinjektering ska utföras av central pilottunnel samt att förinjektering ska utföras av sidopiloter i tak, vägg och botten.

Eftersom den centrala pilottunneln kommer att drivas först kommer täthetskontroll att utföras i denna. När sidopiloter drivs kommer täthetskontroller i den omslutande tätzonen att utföras.

3.7 Station Haga, Mellanplan

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Av planen på ritningen framgår att Uppgång Handelshögskolan är en öppen bergschakt.

Vid Konstruktionsmöte – Berg för E04 – Haga 2017-02-17 informerades om att den öppna schakten utföres senare i ett skede när servicetunnel för utförande av Mellanplan utförts (förlängning av servicetunnel till Mellanplan ej inritad). Schakt för Uppgång är inte djupare än nivå för servicetunnel.

För att på plan redovisad förinjektering ska kunna utföras fordras att servicetunneln vidgas till Mellanplanets bredd.

Injekteringen för Mellanplanet är sålunda en fortsättning av förinjekteringen i servicetunneln.

Det på ritningen redovisade injekteringsutförandet uppfyller inte ens ett utförande enligt Injekteringsklass 1.

Förinjektering av tak och övre del vägg och därefter utsprängning av galleri med okontrollerad inläckning i galleribotten är oförenligt med gällande täthetskrav.

Det går vidare inte att utföra föreskriven kontroll av täthetsresultatet efter utförande av första injekteringsomgången.

Den förinjektering av Mellanplan som utförs från servicetunnel och vidare mot östra gaveln måste självklart på samma sätt som i servicetunneln även inkludera botten. I det aktuella fallet en temporär botten.

Det framgår ej när och hur botteninjektering ska göras och varför hålavstånd för vertikala hål anges till $\leq 4,0$ m. Inte heller framgår hur tätningsresultatet ska kontrolleras.

En ny ritning måste tas fram, som visar att ingen bergschakt får ske innan en omslutande "tätzon" med kontrollerad och godkänd täthet föreligger runt planerad bergschakt.

Aktuell servicetunnel från vilken förinjekteringen mot Mellanplan utförs ska ritas in.

3.8 Station Haga, Uppgång Handelshögskolan

Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel).

Den ridåinjektering som principiellt redovisas torde utföras i en annan entreprenad.

Den injektering av botten som redovisas i sektion A-A ska enligt kommentarer till Station Haga, Mellanplan ha utförts från den ej redovisade servicetunneln.

Om Uppgång Handelshögskolan ska utföras baserat på underlag från Trafikverket krävs en ritning med föreskrifter baserade på täthetskrav där också anges erforderliga kontroller.

3.9 Servicetunnel 210 Haga, Bergtunnelpåslag

Trafikverkets täthetskrav är TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel).

Ritningen visar ett tätningsutförande enligt IK1.

Efter injektering enligt ritning (IK1) ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3).

4 Sammanfattande kommentarer till Tekniskt PM, Bergteknisk prognos, Teknisk beskrivning och Ritningar

I Bergteknisk prognos anges med ett undantag att prognostiserad Injekteringsklass är Injekteringsklass 1 eller anpassad Injekteringsklass 1.

I Teknisk beskrivning anges att Injekteringsklass 3 ska utföras mellan km 459+105 och 459+205 i Stationsrum samt att injektering av fläktrum/teknikrum och ventilationstunnlar ska utföras enligt Injekteringsklass 3.

I Konstruktionsstartmöte Berg för E04 – Haga 2017-02-17 informerade Magnus Zetterlund om tätningsutförande i entreprenaden. Han nämnde bl.a. att Injekteringsklass 3 ska utföras vid Residenset och Skattehuset.

Injekteringsutförande enligt ritningar är Injekteringsklass 1.

I inget av dokumenten Bergteknisk prognos, Teknisk beskrivning och Ritningar redovisas Trafikverkets täthetskrav på olika sträckor.

I granskade dokument Tekniskt PM Bergteknik redovisas korrekt Trafikverkets täthetskrav på olika sträckor. Dessa dokument ingår till skillnad från ovan nämnda dokument inte i Förfrågningsunderlaget.

Trafikverkets täthetskrav på olika sträckor måste tydligt redovisas i förfrågningsunderlaget, så att kontroll av tätningsresultat görs mot gällande täthetskrav på sträckan. Vidare måste Förfrågningsunderlagets föreskrifter om injekteringsutförande ses över så att det entydigt framgår vad som gäller beträffande Injekteringsklass.

När det gäller i vilken Injekteringsklass tätningen ska utföras har Trafikverket bestämt att där handlingarna anger att Injekteringsklass 1 ska utföras, trots att täthetskravet är högre än täthetskravet vid Injekteringsklass 1, så ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om gällande täthetskrav inte är uppfyllt efter en injekteringsomgång (Injekteringsklass 1) utföres en andra injekteringsomgång och tätningsutförandet går över i Injekteringsklass 3. I Injekteringsklass 3 utföres täthetskontroll efter andra injekteringsomgången.

Detta förfaringssätt behöver förtydligas i Teknisk beskrivning. Vidare måste anges vilket täthetskriterium vid vattenförlustmätning i kontrollhål som gäller för de tre täthetsklasserna.

Ändringslogg

Version	Datum	Ändring	Godkänt av

Bilaga: GK3 Granskningsprotokoll

Entreprenad:	Delområde:	Datum:
Skede:	Ämnesområde:	
Delprojektledare:	Granskat av:	Befattning:

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
01	7.5.1	Tabell 26 – 42	Av tabellerna framgår att den bergtekniska prognosen upprättades utan att beakta Trafikverkets täthetskrav. Överensstämmer ej med vad som anges i Teknisk beskrivning.	2		
02	6.6.1.1	BBC.14	I TB saknas beskrivning över var, när och hur inläckande vatten ska mätas.	3		
03	6.6.1.1	CBC.611	Det anges att tunneldrivning får utföras till max 150 m från ej färdigställt mätdike. Avståndet är orimligt med hänsyn till att mätning av inläckande vatten fortlöpande måste utföras i takt med framdrift och utförda tätningsåtgärder. Ett mätdike i anslutning till tullgräns måste utföras och vara i funktion så snart tunneldrivningen passerat läget för diket.	1		
04	6.6.1.1	CBC.611	Under rubriken ”Bergschakt vid mätdike i tunnel” anges att: ”Beställaren anvisar läge för mätdike.” Lägen för mätdiken ska framgå av bygghandlingarna.	2		
05	6.6.1.1	CBC.611	Föreskrift saknas om vilka åtgärder som ska vidtagas vid inläckande vatten i salvhål.	2		
06	6.6.1.1	CDD.1	Under rubriken ”Injekteringsutrustning för cementbaserat injekteringsmedel” behandlar texten enbart injekteringspumpar. Det är viktigt att ange krav på hur många pumpar som ska finnas, så att håll med samband kan injekteras samtidigt.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Krav ska också ställas på övrig injekteringsutrustning såsom blandare (kolloidkvarn) och mellanlagringskärl. Blandare ska ha ett varvtal som är minst 1 750 varv/min. Till varje pump ska finnas ett mellanlagringskärl.			
07	6.6.1.1	CDD.1	<p>Under rubriken Vattenförlustmätning anges att: ”Resultat från vattenförlustmätning efter injektering ska lämnas till beställaren inom 1 timme efter utförande. Resultatet ska utgöra underlag för beställarens beslut om fortsatt bergschakt.”</p> <p>Det ska framgå av bygghandlingarna vilket vattenförlustvärde som på aktuell sträcka verifierar att täthetskravet är uppfyllt. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska det framgå av bygghandlingarna vilka ytterligare tätningsåtgärder som ska vidtagas.</p>	2		
08	6.6.1.1	CDD.1	Det är viktigt att en förundersökning resulterar i bruksblandningar med så bra egenskaper som möjligt. För detta krävs att riktvärden, baserade på egenskaper som uppnåtts med bra utrustning (blandare) och bra recept, anges. Detta gäller speciellt för filterpump, som också används vid den fortlöpande provningen.	2		
09	6.6.1.1	CDD.1	<p>Under rubriken ”Fortlöpande kontroll av injekteringsmedel anges att: ”Beställaren beslutar om toleranser (gränsvärden) inför fortsatt fortlöpande kontroll baserat på resultat från förundersökning.”</p> <p>Vid den fortlöpande provningen ska samma resultat uppnås som vid godkänd förprovning (filterpump).</p>	2		
10	6.6.1.1	CDD.1	<p>Under rubriken ”Injekteringstryck” anges att: ”Injektering ska efter uppnådd hålfyllnad inledas med ett högt flöde tills angivet injekteringsövertryck (designtryck) uppnåtts. Tryck ska därefter hållas konstant under resterande injekteringstid.”</p> <p>Konsekvensen av föreskriven injektering är att vissa sprickkanaler jackas (utvidgas) varigenom bruksblandningen okontrollerat sprids utanför planerad tätzon. En annan konsekvens är att det vid öppningen till små sprickkanaler bildas filtreringskakor som förhindrar tätning av de små</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			kanalerna. I den aktuella berggrunden med föreliggande höga till mycket höga täthetskrav är det av största vikt att små sprickkanaler tätas. Det är därför viktigt att injekteringsutförandet tidigt utvärderas med avseende på tecken på skadlig jacking, stoppkriterier, maxvolym och tätningresultat. Krav på utvärdering och hur den ska göras ska framgå av Kontrollprogram.			
11	6.6.1.1	CDD.1	Trafikverket har beslutat om ett ändrat utförande och kontroll av förinjektering. Detta innebär att där inte Injekteringsklass 3 föreskrivits, ska injekteringen starta med Injekteringsklass 1. Tätningresultatet kontrolleras med hjälp av kontrollhål. Visar hålen att täthetskravet inte uppfyllts utföres en andra injekteringsomgång och utförandet går över i Injekteringsklass 3 med tillhörande kontrollhål, efter andra omgångens injektering. Detta innebär att vad som skrivs om kompletterande hål/omgång baserat på designtryck inte uppnåtts etc inte längre gäller och ska utgå.	2		
12	6.6.1.1	CDD.1	Under "Anpassat injekteringsutförande" redovisas inga föreskrifter för Residenset och Skattehuset.	2		
13	6.6.1.1	CDD.1	Under "Anpassat utförande" anges för flera av anläggningarna att injektering ska utföras enligt Injekteringsklass 1. Som framgår av Trafikverkets beslut om ändrat utförande är det fel att föreskriva att injekteringen ska utföras enligt Injekteringsklass 1 där täthetskravet är TK2 eller TK3. Injekteringen startar enligt Injekteringsklass 1 men slutlig Injekteringsklass beror på resultaten i kontrollhålen. Detta måste tydligt framgå i Teknisk Beskrivning. Därför måste dels täthetskravet anges, dels det kriterium i täthetskontrollen som visar att täthetskravet i aktuell Täthetsklass är uppfyllt. Texten behöver ses över och kompletteras.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
14	6.6.1.1	CDD.1	Under "Servicetunnel 201 Otterhällan" anges att ledningsrum kan utföras utan förinjektering. Bergschakt ska <u>alltid</u> ske i förinjekterad bergmassa.	2		
15	6.6.1.1	CDD.1	Under "Station Haga" anges att vid bergschakt i sekvenser, t.ex. flera pallar eller genom drivning med pilot och strossning, ska berg som inte schaktas inom 1 månad förinjekteras. Allt berg ska vara förinjekterat innan bergschakt (omslutande tätzon).	2		
16	6.6.1.1	CDD.1	Under "Station Haga" anges att utökad kontroll av uppnådd täthet genom vattenförlustmätningar i kontrollhål ska utföras. Vilken kontroll av uppnådd täthet har gjorts så att <u>utökad kontroll</u> ska utföras i varje skärm? Enligt av Trafikverket beslutat utförande ska kontroll av uppnådd täthet utföras efter varje injekteringsomgång vid start injektering i Injekteringsklass 1. En täthetskontroll med aktuella areor måste omfatta betydligt fler kontrollhål efter en injekteringsomgång än vad som anges för kontroll av skärm.	2		
17	6.6.1.1	CDD.1	Under "Kontroll, Kontroll av erhållen täthet" anges att kontroll av erhållen täthet ska utföras genom mätning av inläckande vatten. Kontrollprogram som anger var, när och hur saknas.	3		
18	6.6.1.1	CDD.1	Under "Kontrollhål" anges att kompletterande injekteringshål ska utföras då vattenförlust överstiger 2,5 l/min (vid 1 MPa vattenförlusttryck). Kompletterande hel injekteringsomgång etc. Det anges ej i vilken täthetsklass och vid vilken borrhålslängd angivna kriterier gäller. Kriterier för godkänd tätning måste redovisas för de tre täthetsklasserna och anges i Lugeon.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Angivna antal kontrollhål per skärm i spårtunnlar, servicetunnlar och pilottunnlar är för litet för att resultaten ska kunna visa om täthetskraven har uppfyllts eller om ytterligare injekteringsomgång ska utföras.			
19	6.6.1.1	CDD.1	<p>Det anges att kontrollhål ska utföras inom Injekteringsklass 3 samt inom områden med särskilda täthetskrav inom övriga injekteringsklasser etc. Varje område har ett särskilt täthetskrav, angivet av Trafikverket.</p> <p>Med undantag av Injekteringsklass 3 ska enligt Trafikverket kontrollhål utföras efter varje injekteringsomgång.</p> <p>Kontrollhål ska utföras i den tätade zonen och <u>ej</u> innanför teoretisk bergkontur.</p> <p>Resultat av vattenförlustmätningar ska redovisas i Lugeon, så att resultatet direkt kan jämföras med täthetskriterier i Lugeon i aktuell tätningssklass.</p>	2		
20	6.6.1.1	CDD.1	<p>Under "Kontroll av borrhålsavvikelse" anges att om krav på tillåten hålavvikelse ej uppfylls etc.</p> <p>Det saknas föreskrifter om vilka borrhålsavvikelser som maximalt kan tillåtas.</p>	2		
21	6.6.1.1	CDD.14	<p>Under "Ridåinjektering" anges maximalt tillåtna borrhålsavvikelser. Kontrollmätning och dokumentation av att borrhål kan utföras inom angiven tolerans ska utföras på begäran av beställaren.</p> <p>Det är entreprenören som ska visa att borrhålen är utförda inom angiven tolerans.</p> <p>Det räcker att ange en borrhålsavvikelse där maximal avvikelse är 3 % av hållängden.</p> <p>Det anges ej att underkända hål ska ersättas med nya.</p>	2		
22	6.6.1.1	CDD.14	Under "Injekteringsteknik" anges att ridåinjektering ska utföras enligt split spacing-förfarande etc.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			<p>Vid utförande i Injekteringsklass 3 ska kontroll av uppnådd täthet, efter andra injekteringsomgången, utföras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning.</p> <p>Vid utförande i Injekteringsklass 1 ska kontroll av uppnådd täthet utföras efter första injekteringsomgången. Om täthetskravet ej är uppfyllt övergår utförandet till en andra injekteringsomgång enligt Injekteringsklass 3, följt av kontroll av uppnådd täthet.</p>			
23	6.6.1.1	CDD.141	<p>Under "Ridåinjektering förskärning" anges att: "Omfattning beslutas av beställaren. Beslut om eventuell Omgång 3 tas av beställaren baserat på injekteringsmedelsåtgång i Omgång 2."</p> <p>Projektören, inte beställaren, ska föreskriva åtgärder med hänsyn till täthetsbehov och vilka kontroller som ska utföras för att verifiera att gällande täthetskrav är uppfyllt.</p>	2		
24	6.6.1.1	CDD.141	<p>Under "Ridåinjektering vertikala schakt" anges bl.a. att injektering ska utföras med nivåinjektering.</p> <p>Var finns kopplingen i föreskrivet utförande med gällande täthetskrav och Injekteringsklass?</p> <p>Hur kontrolleras att täthetskravet är uppfyllt i Injekteringsklass 3?</p> <p>Beställaren ska inte besluta något om Omgång 3. Projektören, inte beställaren, ska föreskriva åtgärder med hänsyn till täthetsklass och vilka kontroller som ska utföras för att verifiera att erforderlig tätning utförts.</p>	2		
25	6.6.1.1	CDD.141	<p>Under "Botteninjektering förskärning" anges att omfattning av botteninjektering beslutas av beställaren utgående från injekterad volym i ridåinjektering och eventuellt karterat inläckage i förskärning.</p> <p>Det är projektören och inte beställaren som föreskriver åtgärder.</p> <p>Hur kontrolleras att täthetskravet är uppfyllt?</p>	2		
26	6.6.1.1	CDD.141	Ridåinjektering vid mätdike. Beskrivning av utförande av mätdike saknas.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
27	6.8.1.1	Blad 530	Trafikverkets täthetskrav är TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel). Efter injektering enligt ritning (IK1) ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3). Det framgår ej av ritningen hur injekteringsomgång 2 ska utföras.	2		
28	6.8.1.1	Blad 550	Trafikverkets täthetskrav är TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel). Efter injektering enligt ritning (IK1) ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3). Det framgår ej av ritningen hur injekteringsomgång 2 ska utföras.	2		
29	6.8.1.1	Blad 570	Trafikverkets täthetskrav är på sträckan km 458+700 – 458+820 TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel) och på sträckan km 458+820 – 458+860 TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Efter injektering enligt ritning (IK1) ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3). Det framgår ej av ritningen hur injekteringsomgång 2 ska utföras.	2		
30	6.8.1.1	Blad 630	Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Injekteringsklass IK3 gäller från Påslaget t.o.m. Teknikutrymme. Detta innebär två injekteringsomgångar följt av kontroll av uppnådd täthet med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet inte är uppfyllt utföres ytterligare injekteringsomgång. Ritningen visar inte ett sådant utförande utan injektering enligt IK1. Stickmått i del av taket, a = 4 m, är för stort i förhållande till redovisad bergtäckning.	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Ingen föreskrift anges avseende injekteringstryck. Angiven max injekteringsvolym är alldeles för stor med hänsyn till bergtäckningen. En ny injekteringsritning för Påslag Hagakyrkan måste tas fram, där föreskrifterna för injekteringsutförande beaktar såväl täthetskrav och Injekteringsklass 3 som föreskrivet drivningsutförande med central pilot och sidopiloter. Det måste också framgå hur injektering runt teknik-tunneln ska utföras.			
31	6.8.1.1	Blad 650	Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Injekteringsklass 3 gäller för aktuellt avsnitt. Det på ritningen föreskrivna utförandet uppfyller inte ens ett utförande enligt Injekteringsklass 1. Vid systematisk förinjektering, som gäller för Västlänken, ska förinjektering <u>alltid</u> vara utförd före berguttag och bergschakt ska <u>alltid</u> ske i förinjekterad bergmassa. Förinjektering ska utföras på sådant sätt att en "tätzon" bildas runt planerad tunnel eller bergutrymme. Ingen del av tak, vägg eller botten lämnas utan tätning. Enligt aktuell ritning utförs ingen förinjektering av temporär botten. Detta innebär att kontroll av uppnådd täthet i "tätzon" ej går att utföra. Inläckage genom otätad temporär botten leder snabbt till skadlig omgivningspåverkan. En ny Injekteringsritning som beskriver förinjektering i gällande Injekteringsklass 3 måste tas fram, som visar utförande av omslutande tätzoner för planerade berguttag. Detta är en förutsättning för att föreskrivna kontroller av tätningsresultatet ska kunna utföras.	2		
32	6.8.1.1	Blad 660	Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Efter injektering enligt ritning (IK1) ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			<p>kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3).</p> <p>Det framgår ej av ritningen hur injekteringsomgång 2 ska utföras. Inte heller framgår föreskrifter avseende injekteringstryck.</p> <p>Eftersom den centrala pilottunneln drivs först kommer täthetskontroll att utföras i denna. När sidopiloter drivs kommer täthetskontroller att utföras i den omslutande tätzonen.</p>			
33	6.8.1.1	Blad 670	<p>Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel). Vid injektering enligt Injekteringsklass 1 ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3).</p> <p>Det på ritningen redovisade injekteringsutförandet uppfyller inte ens ett utförande enligt Injekteringsklass 1.</p> <p>Förinjektering av tak och övre del vägg och därefter utsprängning av galleri med okontrollerad inläckning i galleribotten, är oförenligt med gällande täthetskrav.</p> <p>Det går vidare inte att utföra föreskriven kontroll av täthetsresultatet efter utförande av första injekteringsomgången.</p> <p>Den förinjektering av Mellanplan som utförs från servicetunnel och vidare mot östra gaveln måste självklart på samma sätt som i servicetunneln även inkludera botten. I det aktuella fallet temporär botten.</p> <p>Det framgår ej när och hur botteninjektering ska göras. Inte heller framgår hur tättningsresultatet ska kontrolleras.</p> <p>En ny ritning måste tas fram som visar att ingen bergschakt får ske innan en omslutande tätzon med kontrollerad och godkänd täthet föreligger runt planerad bergschakt.</p> <p>Aktuell servicetunnel från vilken förinjekteringen mot Mellanplan utförs ska ritas in.</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
34	6.8.1.1	Blad 680	<p>Trafikverkets täthetskrav är TK3 (2 l/min, 100 m tunnel).</p> <p>Den ridåinjektering som redovisas torde utföras i en annan entreprenad. Den injektering av botten som redovisas i sektion A-A ska enligt kommentarer till Blad 670 ha utförts från den ej redovisade service-tunneln.</p> <p>Om Uppgång Handelshögskolan ska utföras baserat på underlag från Trafikverket krävs en ritning med föreskrifter baserade på täthetskrav där också anges erforderliga kontroller.</p>	1		
35	6.8.1.1	Blad 611	<p>Trafikverkets täthetskrav är TK2 (2-5 l/min, 100 m tunnel).</p> <p>Efter injektering enligt ritning (IK1) ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om täthetskravet ej är uppfyllt ska en andra injekteringsomgång utföras och resultatet kontrolleras (IK3).</p>	1		
36	6.6.1.1 6.8.1.1	CDD	<p>I granskade dokument Tekniskt PM Bergteknik redovisas korrekt Trafikverkets täthetskrav på olika sträckor. Dessa dokument ingår till skillnad från ovan nämnda dokument inte i Förfrågningsunderlaget.</p> <p>Trafikverkets täthetskrav på olika sträckor måste tydligt redovisas i förfrågningsunderlaget, så att kontroll av tätningsresultat görs mot gällande täthetskrav på sträckan. Vidare måste Förfrågningsunderlagets föreskrifter om injekteringsutförande ses över så att det entydigt framgår vad som gäller beträffande Injekteringsklass.</p> <p>När det gäller i vilken Injekteringsklass tätningen ska utföras har Trafikverket bestämt att där handlingarna anger att Injekteringsklass 1 ska utföras, trots att täthetskravet är högre än täthetskravet vid Injekteringsklass 1, så ska uppnådd täthet kontrolleras med hjälp av kontrollhål och vattenförlustmätning. Om gällande täthetskrav inte är uppfyllt efter en injekteringsomgång (Injekteringsklass 1) utföres en andra injekteringsomgång och tätningsutförandet går över i Injekteringsklass 3. I</p>	2		

Nr	Handlingsnummer	Del	Kommentar	Klassificering *	Projektörens åtgärd	Åtgärd signerad (ifylls av granskare)
			Injekteringsklass 3 utföres täthetskontroll efter andra injekteringsomgången. Detta förfaringssätt behöver förtydligas i Teknisk beskrivning. Vidare måste anges vilket täthetskriterium vid vattenförlustmätning i kontrollhål som gäller för de tre täthetsklasserna.			

* Förklaringar till *Klassificering*:

1. - mindre allvarlig, kan åtgärdas i ny leverans
2. - allvarlig, ska åtgärdas i ny leverans
3. - mycket allvarlig, separat möte ska hållas för fortsatt arbete