



ÖVA

SYSTEMHANDLING

STOCKHOLM 2016-12-01

4.3.3 PM HYDRAULISKA BERÄKNINGAR

UPPDRAGSNAMN
ÖVA

UPPDRAGSNUMMER
10217114

DOKUMENTNAMN
R1_Hydrauliska beräkningar_ÖVA

ANSVARIG PART
R1

FÖRFATTARE
Michael Graspentner

GRANSKAD AV
Maria Näslund

GODKÄND AV
Marie von Matérn

SKEDE
Systemhandling

DATUM
2016-12-01

ÄNDRINGSDATUM

GRANSKNINGSSTATUS

ÄNDRINGSBETECKNING



KÄPPALAFÖRBUNDET

ÖVA

PM

Hydrauliska beräkningar

Ordernr: 8117	 
Daterad: 2016-12-01	
Reviderad:	

Innehåll

1	METOD OCH FÖRUTSÄTTNINGAR.....	3
1.1	I BERÄKNINGARNA HAR FÖLJANDE INDATA ANVÄNTS.....	4
2	BERÄKNINGAR OCH RESULTAT	5
2.1	DIMENSIONERING AV LEDNINGEN MELLAN SLÄPPKAMMAREN I KARBY OCH BEFINTLIG TUNNEL	6
2.2	BERÄKNING AV NIVÅ I SLÄPPKAMMARE I KARBY	6
2.3	BERÄKNING AV BRÄDDNING VID EXTREMFLÖDE	8
2.4	NIVÅ OCH HASTIGHET I TUNNELN.....	9
2.5	SJÄLVRENSNINGSBERÄKNING	10
3	VOTNING.....	13

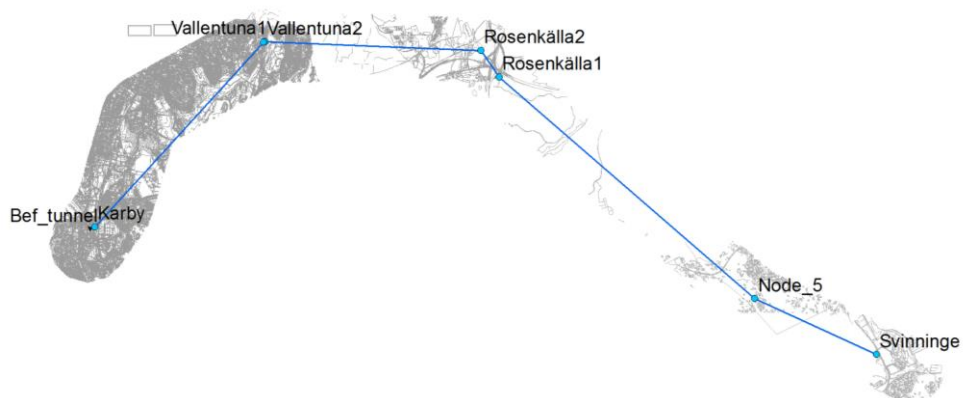
Ordernr: 8117	 
Daterad: 2016-12-01	
Reviderad:	

Detta PM beskriver de hydrauliska beräkningar som har utförts för den planerade ÖVA-tunneln från Svinninge fram till anslutning till befintlig tunnel i Karby.

1 METOD OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Beräkningarna har utförts i en hydraulisk modell (MIKE URBAN CS). Då modellen har vissa begränsningar i beräkningar av lokala förluster har modellen kompletteras med handberäkningar för att kontrollera resultaten.

Tunneln är ca 15,14 km lång och avslutas med att vattnet pumpas i Karby till en kammare för att sedan med självfall ansluta till befintlig tunnel.



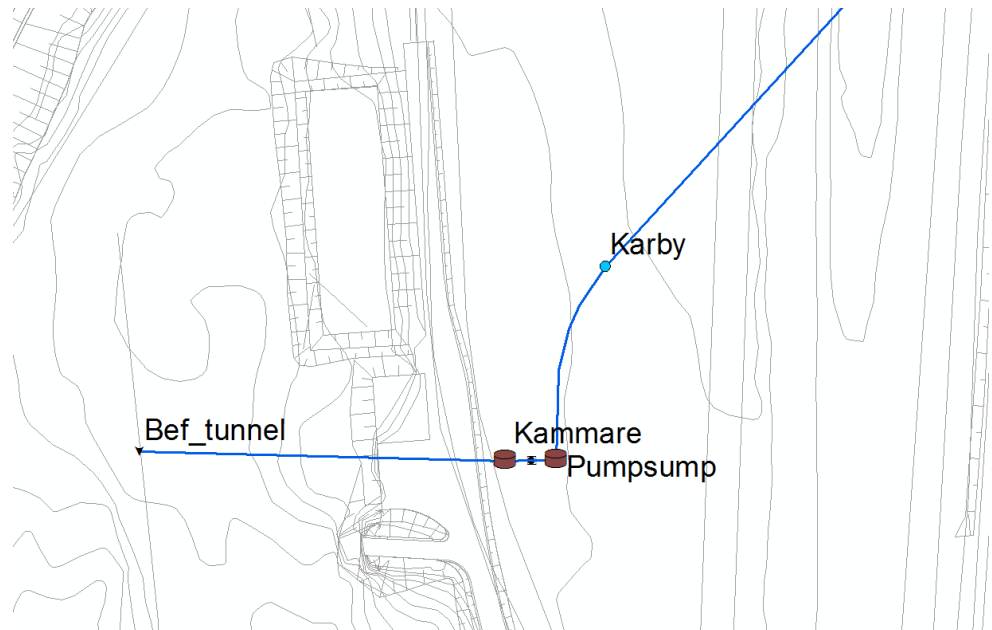
Figur 1. Modellens utbredning. Mellan Vallentuna och Karby finns ett tillflöde i Täby Kyrkby vilken inte syns i figuren.

Ordernr: 8117

Daterad: 2016-12-01

Reviderad:

KÄPPALA



Figur 2. Pump, kammare och anslutning till befintlig tunnel i Karby.

1.1 I beräkningarna har följande indata använts

Medelflöde tunnel

Medelflöden på olika sträckor i tunneln (beräknad efter bilaga 1 – Dimensionerande flöde erhållen från Beställaren):

- År 2020
 - Svinninge – Vallentuna: 136 l/s
 - Vallentuna – Täby Kyrkby: 233 l/s
 - Täby Kyrkby – Karby: 256 l/s
- År 2035
 - Svinninge – Vallentuna: 212 l/s
 - Vallentuna – Täby Kyrkby: 333 l/s
 - Täby Kyrkby - Karby: 362 l/s

Dimensionerande maxflöde (år 2070) är 2616 l/s.

Flöden till Svinninge pumpas via en sjöledning. För att beräkna självrens har uppgifter kring dimensionerande från till Svinninge via anslutande sjöledningarna erhållits av Sweco (mail 2016-11-03 Torbjörn Olsson) och är 122 l/s i en timme per dag från Margretelund och 78 l/s under en halvtimme två gånger per dag från Engarn.

Pumpstation

Dimensionerande flöden för pumpstation i Karby:

Ordernr: 8117	 
Daterad: 2016-12-01	
Reviderad:	

- Erhållen uppgift om dimensionerande flöden vid pumpstation Karby från Käppala (Bilaga 1 – Dimensionerande flöde)
 - Minflöde: 250 l/s
 - Maxflöde år 2035 inkl. inläckande dränvatten: 1616 l/s
 - (Maxflöde år 2070: 2616 l/s)

Pumpstationen i Karby dimensioneras för att klara maxflödet år 2035. Utifrån ovan angivit maxflödet 1600l/s (Bilaga 1 – Dimensionerande flöde, Tabell 7) inklusive inläckage av dränvatten på ca 16 l/s har medelflödet för pumparna räknats ut med max dygn- och max timfaktor (3,2). Medelflödet för pumparna har då beräknats till ca 490 l/s, se 5.1.1 PM VA-installationer Karby för detaljer om pumpdimensioneringen.

Startnivå för pumparna har satts till -15,0 m och stoppnivå till -17,1 m.

Sugrören till pumparna har dimension 600 mm. Tryckledningarna har dimension 500 mm.

Släppkammare och befintligt nedströms tunnel

Släppkammaren har lagts in i modellen med måtten 7x6x3,7m på bottennivån +6,5 (RH2000).

Bräddledningen förbi pumpstationen har dimensionerats för att klara maxflöde år 2070.

Befintlig tunnels vattengång är ca +5,5 (RH2000) enligt underlag från beställaren (skanning).

Ledningen mellan släppkammaren och befintlig tunnel har dimensionen 1200 mm (borrad och stålbeklädd på insidan) med en lutning på 0,8 % och en längd på 125 m.

Befintlig tunnel antas ha god kapacitet och vid dimensionerande fall ca 2 dm vatten i tunnel (randvillkor).

Ny tunnel

Tunnelsektionen är 4 meter bred och 5 meter hög med rundat tak. Botten lutar från kanterna in mot tunnelns mitt. Mellan Svinninge och Vallentuna finns det med vissa parameter problem med självrensning (se kapitel Självrensningsberäkning). Nivåer i tunneln är satta enligt 3D-modell.

2 BERÄKNINGAR OCH RESULTAT

De resultat som presenteras nedan bygger på de indata som presenteras i kapitel Metod och förutsättningar.

Ordernr: 8117	 
Daterad: 2016-12-01	
Reviderad:	

2.1 Dimensionering av ledningen mellan släppkammaren i Karby och befintlig tunnel

För dimensionering av ledning mellan släppkammaren i Karby och befintlig tunnel har antagits att ledningen borras och bekläs med ett stålrör (Manningstal = 80). Ledningen från kammaren till befintlig tunnel har diameter 1200 mm. För dimensionerande flöde år 2070 (2616 l/s) samt en lutning på 0,8 % blir vattennivån då 0,82 m i hela ledningen vilket motsvarar 68 % fyllnadsgrad. Vattenståndet i ledningen motsvarar trycknivån. Höjdskillnad mellan vattenståndet i inlopp och utlopp av ledningen motsvarar tryckförlusten på sträckan (i m över havet, RH 2000).

För maxflöde år 2035 (1616 l/s) är vattenstånd i ledningen 0,6 m över ledningsbotten vid lutning 0,8 %.

Vid annan lutning än 0,8 % (till följd av trollans vid borring) krävs ny beräkning av vattenstånd och förlustlinje.

2.2 Beräkning av nivå i släppkammare i Karby

Resultat av nivån i släppkammaren med modellberäkningen presenteras i Figur 3 och Figur 4. Ur dem kan man utläsa att nivån i kammaren stiger till ca +8,02 m vid maxflöde år 2070 (Figur 4). Dock tar inte modellen hänsyn till detaljerna i släppkammarens utformning, vilket leder till att detta troligen är en överskattning av vattennivån. Förlusten i utlopp från kammaren är ca 0,18 m enligt modellen. Då släppkammaren ska utformas med vagga mellan ingående och utgående ledning (se ritning KY10-40-605, kapitel 5.1.2) kommer förlusterna vara mindre. Handberäkning med rundade anslutningar ger att förlusten i kammaren vid dimensionerande flöde blir ca 0,04 m, vilket ger en nivå på ca +7,88 i släppkammare. För att ha marginal föreslås det att utloppet av bräddledningen från pumphumpen till släppkammaren är på +8,2 m eller strax över.

Vid ett flöde av 250 l/s i pumparna (5.1.1 PM VA-installationer Karby) sjunker vattenståndet i släppkammaren och förlusterna blir mindre jämfört med ovan beräkningar. Vid detaljprojektering kan detta fall beräknas vid behov.

Handberäkningarna redovisas i

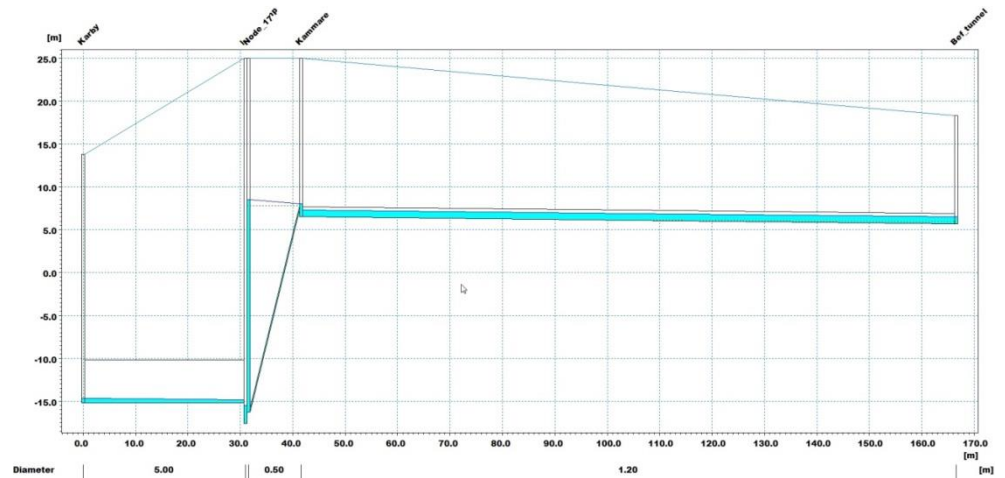
Tabell 1 och 2.

Ordernr: 8117

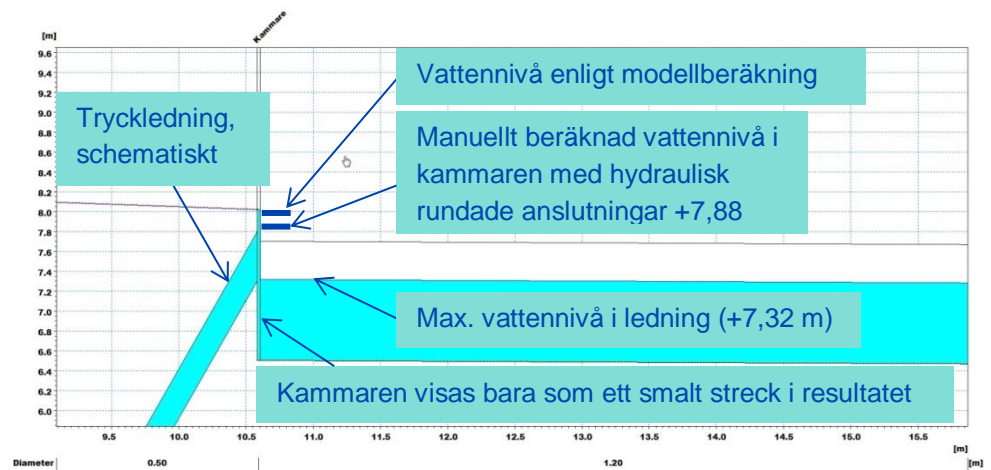
Daterad: 2016-12-01

Reviderad:

KÄPPALA



Figur 3. Resultat av nivåer vid beräknat flöde.



Figur 4. Nivå vid släppkammare och ledningen till befintlig tunnel. På vänster sida visas inkommande tryckledning. Släppkammaren visas som ett smalt streck. Ledningen till befintlig tunnel visas från mitten till höger sida. Mike Urban har vissa begränsningar vid beräkning av lokala förluster. Därför har en handberäkning utförts för att få ett resultat när man har avrundad anslutning mellan kammare och utgående ledning. Nivån i släppkammaren kan troligen sänkas från ca. + 8,02 m till ca. +7,88 m.

Tabell 1. Förluster vid utlopp från släppkammare till ledning

	V, hastighet i tunneln (m/s)	k koefficient för förlust	k_t Förlust (m)
Utströmning (från kammare)	3,2	0,08	0,04

Ordernr: 8117	 
Daterad: 2016-12-01	
Reviderad:	

Nedanstående ekvation har använts i beräkningen av förlust i kammare.

$$k_t = k * \frac{v^2}{2g}$$

där k_t = förlusten, k = koefficient, v =medelhastighet, g = 9,81.

Tabell 2. Vattenstånd i kammaren

Vattenstånd i ledning från kammare	+7,32 m
Hastighetshöjd i ledning från kammare ($v^2/(2*g)$)	0,52 m =(3,2 ² /(2*9,81))
Förlust (utströmning från kammaren)	0,04 m
Energihöjden (Summa dvs, vattenstånd i kammaren)	+7,88 m

2.3 Beräkning av bräddning vid extremflöde

Ett extremscenario där pumparna antas vara ur funktion vid dimensionerande flöde år 2070 beräknades. Efter drygt 1,5 dygn har nivån stigit till bräddnivå (+8,2 m) och rinner ut till släppkammaren igen. Volymen i arbetstunnlarna har inte tagits med i beräkningen på grund av begränsningar i beräkningsprogrammet (Mike Urban). Uppströms bräddledningen, i tunneln, stiger nivån till ca +10,00 m, se Figur 5. Bräddledningen har dimensionerats för att klara dimensionerande flöde år 2070 (2616 l/s) och har dimension 1200 mm.

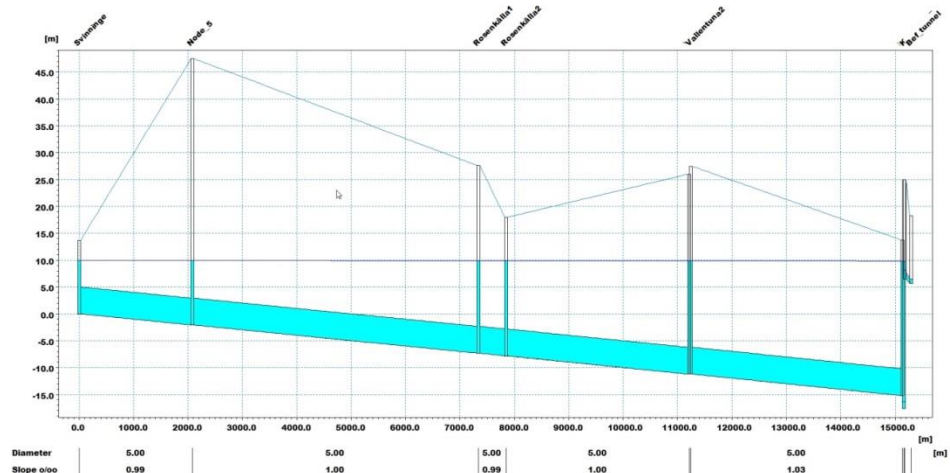
Observera att detta fall innebär att angivet flöde, vilket inkluderar både max dygn- och max timfaktorer, inträffar under hela modelleringsperioden, vilket är osannolikt. Det går att förfina beräkningen genom att simulera ett mer troligt scenario på inflöde och därmed troligen sänka nivån betydligt. Dessutom har de framtida arbetstunnlarna inte tagits med i beräkningen.

Ordernr: 8117

Daterad: 2016-12-01

Reviderad:

KÄPPALA



Figur 5. Profil över tunneln med extremt fall för bräddning

2.4 Nivå och hastighet i tunneln

För nivån och hastigheterna i tunneln har beräkningar utförts med olika votning i tunneln på grund av problem med självrensning (kapitel Självrensningsberäkning).

Nivå och hastighet i tunneln mellan Täby Kyrkby och Karby (dimensionerande flöden) vid en votning på 20 %

Vid medelflödet år 2035 (362 l/s) stiger nivån i tunneln ca 40 cm över botten och medelhastigheten blir ca 0,4 – 0,5 m/s. För beräkningen har antagits ett tvärsnitt som består av betongbotten och berg (Manningstal 40).

Vid dimensionerande maxflöde år 2070 (2616 l/s) blir nivån ca 0,95 m över botten och medelhastigheten blir ca 0,85 -0,95 m/s.

Vid beräkning med 250 l/s vilken är minflöde vid karby uppgår nivån till ca. 36 cm över botten och medelhastigheten är ca. 0,4 m/s

Det kan konstateras att nivån och hastigheten är beroende av material och utförande av tunneln. Modelleringar har gjorts med varierande parametervärden för råhet och de har visat att nivåerna alltid understiger 1 m och hastigheterna maximalt uppgår till 1,3 m/s vid normal drift.

Nivå och hastighet i tunneln mellan Svinninge och Karby år 2020 vid en votning på 20 %

I Tabell 3 redovisas flödesdata för delsträckorna mellan Svinninge och Karby för år 2020.

Ordernr: 8117	 
Daterad: 2016-12-01	
Reviderad:	

Tabell 3. Resultat från modellering för olika delsträckor, votning 20%

Nivåer och hastigheter mellan Svinninge och Karby, år 2020			
Delsträcka	Medelflöde år 2020	Vattenstånd	Medelhastighet
Svinninge - Vallentuna	136 l/s	ca. 0.28 m	ca. 0.34 m/s
Vallentuna – Täby Kyrkby	233 l/s	ca. 0.35 m	ca. 0.39 m/s
Täby Kyrkby - Karby	256 l/s	ca. 0.36 m	ca. 0.40 m/s

Nivå och hastighet i tunneln mellan Täby Kyrkby och Karby (dimensionerande flöden) vid en votning på 5 %

Vid medelflödet år 2035 (362 l/s) stiger nivån i tunneln ca. 26 cm över botten och medelhastigheten blir ca. 0,4 – 0,5 m/s.

Vid dimensionerande maxflöde år 2070 (2616 l/s) blir nivån ca 0,8 m över botten och medelhastigheten ca 0,8 -0,9 m/s.

Vid beräkning med 250 l/s vilken är minflöde vid Karby uppgår nivån till ca. 22 cm över botten och medelhastigheten är ca. 0,37 m/s

Nivå och hastighet i tunneln mellan Svinninge och Karby år 2020 vid en votning av 5 %

I Tabell 4 redovisas flödesdata för delsträckorna mellan Svinninge och Karby för året 2020.

Tabell 4. Resultat från modellering för olika delsträckor, votning av 5%

Nivåer och hastigheter mellan Svinninge och Karby, år 2020			
Delsträcka	Medelflöde år 2020	Vattenstånd	Medelhastighet
Svinninge - Vallentuna	136 l/s	ca. 0.17 m	ca. 0.29 m/s
Vallentuna – Täby Kyrkby	233 l/s	ca. 0.21 m	ca. 0.36 m/s
Täby Kyrkby - Karby	256 l/s	ca. 0.22 m	ca. 0.38 m/s

2.5 Självrengningsberäkning

I publikation P 90, Dimensionering av allmänna avloppsledningar (Svensk Vatten) rekommenderas en skjuvspänning mellan vattnet i ledningen och ledningens botten större än $1,5 \text{ N/m}^2$ för att ledningen ska vara självrensande. Ett värde under $1,0 \text{ N/m}^2$ anses indikera att systemet inte är självrensande. Dessa värden har antagits

Ordernr: 8117	 
Daterad: 2016-12-01	
Reviderad:	

giltiga även för avloppstunneln. Som dimensionerande flöde för självrensning används medelflödet.

Skjuvspänningsvärdet τ beror på lutningen i ledningen/tunneln och den hydrauliska radien vilken beräknas från tvärsnittet och vattenståndet i ledningen/tunneln:

$\tau = \rho * g * R * S_0$, med $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $R = \text{hydraulisk radie}$ och $S_0 = \text{lutning}$ (0,001).

I Tabell 5 och 6 redovisas sambandet mellan vattenstånd och skjuvspänning för ett antal olika fall och delsträckor. I Tabell 5 har alla sträckor i tunneln en votning av 20 % och i tabell 6 har alla sträckor i tunneln en votning av 5 %. Ur tabell 6 ser man att delsträckan mellan Svinninge och Vallentuna år 2020 har ett τ -värde som är nära 1 och därför kan man konstatera att det finns ingen tillräckligt självrensning på denna sträcka med en votning av 5 %. Med en votning om 20 % (tabell 5) kan man konstatera att τ -värde vid medelflöde uppgår till 1,4 vilket är nära rekommenderat värde för självrens. Tar man hänsyn till att flödet till Svinninge är pumpat kan man konstatera att det finns en risk för att självrens inte uppnås på sträckan Svinninge- Vallentuna. τ -värde är 1,31, under en timme per dygn, vilket är lägre än rekommenderade 1,5. Därmed kan det behövas extra underhåll (spolning) på sträckan. Om det finns möjlighet att öka självrensflödet från Margretelund eller Engarn till ca 200 l/s alternativt samköra pumparna från Margretelund och Engarn med självrensflöde under 1 timme om dagen kommer man att uppnå självrens i tunneln.

Det har studerats andra möjliga alternativ som en annan utformning på sektionen för små flöden (kanalliknande) men den kan dock inte klara hela flödet utan att man ökar lutningen.

Från Vallentuna till Karby är τ -värde ca 1,5 redan vid år 2020 för både fallet med 5 % och 20 % votning, vilket är tillräckligt för självrens.

Det har föreslagits i systemhandlingen att hela tunnelsträckan har en votning på 20 %, men det är enligt ovan resonemang möjligt med 5% votning mellan Vallentuna och Karby.

För att säkerställa självrensning behövs det utredas vidare i fortsatt detaljprojektering.

Tabell 5 visar sambandet mellan vattenstånd och skjuvspänningsvärde. Beräkning av Skjuvspänningsvärde τ för en tvärsnitt med votning 20 %

År	Sträcka	Flöde [l/s]	Vattenstånd [m]	Hydraulisk radie [m]	τ
	Svinninge-Vallentuna (Engarn)	78	0.23	0.11	1.11
	Svinninge-Vallentuna	122	0.27	0.13	1.31

Ordernr: 8117	 
Daterad: 2016-12-01	
Reviderad:	

	(Margretelund)				
2020	Svinninge-Vallentuna	136	0.28	0.14	1.37
2020	Vallentuna – Täby Kyrkby	233	0.35	0.17	1.67
2020	Täby Kyrkby - Karby	256	0.36	0.18	1.73
2035	Svinninge-Vallentuna	212	0.34	0.16	1.61
2035	Vallentuna – Täby Kyrkby	333	0.40	0.19	1.91
2035	Täby Kyrkby - Karby	362	0.41	0.20	1.99

Tabell 6 visar sambandet mellan vattenstånd och skjuvspänningsvärde. Beräkning av Skjuvspänningsvärde τ för en tvärsnitt med votning 5 %

År	Sträcka	Flöde [l/s]	Vattenstånd [m]	Hydraulisk radie [m]	τ
	Svinninge-Vallentuna	78	0.13	0.08	0.80
	Svinninge-Vallentuna	122	0.16	0.11	1.03
2020	Svinninge-Vallentuna	136	0.17	0.12	1.14
2020	Vallentuna – Täby Kyrkby	233	0.21	0.15	1.49
2020	Täby Kyrkby - Karby	256	0.22	0.16	1.57
2035	Svinninge-Vallentuna	212	0.20	0.14	1.42
2035	Vallentuna – Täby Kyrkby	333	0.25	0.19	1.84
2035	Täby Kyrkby - Karby	362	0.26	0.20	1.93

Ordernr: 8117	  Roslagsvatten
Daterad: 2016-12-01	
Reviderad:	

3 VOTNING

Utifrån de resultat som presenteras i kapitel Självreningensberäkning framgår att en votning på 20 % krävs för självrensning mellan Svinninge och Vallentuna. På sträckan mellan Vallentuna och Karby uppnås självrensning med en votning på 5 %. Med hänsyn till bergschakt och konstruktion rekommenderas en votning på 20 % över hela tunnelsträckan.