

BILAGA 1

Broarnas påverkansrisk på grundvattnet i Vindelälvsåsen samt beräkningar av inläckage och influensområde.

PM

UPPDRAG Umeåprojektet Västra Länken	UPPDRAGSLEDARE Kent Grönlund	DATUM 2011-02-22
UPPDRAGSNUMMER 2473976 201	UPPRÄTTAD AV Hans Ericsson/Magnus Liedholm	KONCEPT

Broarnas påverkansrisk på grundvattnet i Vindelälvsåsen samt beräkningar av inläckage och influensområden

Sammanfattning

Den potentiella grundvattenuppbyggnaden i Vindelälvsåsen från vattendelaren i söder fram till Röbbäck beräknas vara 50-60 l/s. Drygt hälften av denna potential bedöms läcka ut på vägen fram till Röbbäck. Grundvattenflödet i Vindelälvsåsen norrut strax före Röbbäck uppskattas vara ca 30-35 l/s. Vid Linnés källa, troligen belägen i mellansand och inte i grus, läcker ut ca 3-10 l/s. Mot norr i Vindelälvsåsen byggs därefter upp ca 25 l/s grundvatten och flödar ut mot Umeälven i norr.

Schaktning under grundvattentrycknivån vid broarna för Entreprenad 9 och bibehållen avsänkning innebär lokal avsänkning av grundvattnet. Inläckagen till broarna blir proportionellt mot bl.a. schaktdjupet under grundvattentrycknivån, förekommande hydraulisk konduktivitet. Inläckagens storlek bestäms inte minst om schakterna får hydraulisk kontakt med Vindelälvsåsen.

Fyra borrhningar och jordprovtagningar genom också bottennivån för planerade schakter för bro 1 och 3 har inte påborrat isälvsmaterial under planerade schaktbottennivåer. Isälvsmaterial kommer troligtvis inte att beröras av schaktningarna för bro 1 och 3. Någon direkt hydraulisk kontakt mellan schakter och Vindelälvsåsen kan därför inte förväntas. Respektive påverkansområde beräknas bli <100 meter. Viss indirekt och reducerad hydraulisk kontakt mellan schaktbotten, via underliggande siltmaterial och till eventuellt isälvsmaterial på större avstånd kan inte uteslutas. En sådan reducerad hydraulisk kontakt minskar påverkan på Linnés källa och Vindelälvsåsen. Inläckagen, beroende på bro, beräknas till intervallet 10-100 m³/d, givet att direkt hydraulisk kontakt saknas mellan schakterna och Vindelälvsåsen och givet uppskattade schaktdjup, hydrauliska konduktiviteter, avsänkning till respektive schaktbottnar och länshållning via pumpar på schaktbottarna. Andra lösningar, egenskaper, avsänkningar och hydrauliska kontakter ger andra inläckage.

Påverkan på utflödet genom Linné-källan reduceras med högst ca 10 %, givet ovanstående bild av förhållandena. Grundvattentillgången i Vindelälvsåsen reduceras maximalt med det som kommer att pumpas bort vid dräneringen av broarna, dvs <2 l/s av den totala tillgången som uppskattats till ca 25-35 l/s.

För att kontrollera grundvattensituationen, bör ett kontrollprogram upprättas och påbörjas minst 3 månader innan schaktningsarbetena påbörjas.

Uppgift för detta PM

Schaktning under grundvattentrycknivån vid broarna för Entreprenad 9, Västra länken och bibehållen avsänkning innebär att grundvattnet i området lokalt sänks runt respektive schakt. Här efterfrågas dels påverkansområdenas storlek samt eventuell påverkan på Vindelälvsåsens nordgående grundvattenflöde samt speciellt om Linnés källa vid Röbbäck kan komma att påverkas genom avsänkning och minskat utflöde.

Genomförande

Inläckage och influensområde skattades med Darcy's lag, Theims brunnsekvation med antagandet att inläckaget balanseras av grundvattenbildningen, finit differensmodellering samt analytisk beräkning som även beaktar inflödet genom schaktbottnar. Beräkningarna ger det förväntade inläckaget och påverkansområdet vid stationärt tillstånd för antagna avsänkningar.

Inläckageberäkningarna baseras på antagna eller erhållna preliminära egenskaper samt att schakten länshålles som en öppen brunn så att atmosfärstryck föreligger på schaktbottennivå. Andra lösningar med vertikala brunnar med eller utan spontning och andra behövliga större pumpningar och relaterade avsänkningar har inte beräknats. Detta PM ger därför inte heller någon anvisning om vilka dräneringslösningar som är optimala eller som rekommenderas.

Vindelälvsåsens grundvatten

Grov uppskattningar av egenskaper

De hydrogeologiska egenskaperna är i stort okända för Vindelälvsåsen i området. Överföringar av egenskaper från andra liknande områden får därför göras. Detta innebär att bedömningarna är preliminära och osäkra.

Vindelälvsåsens transmissivitet vid Röbbäck är inte känd, men vid Forslunda och Backen, norr om Umeälven uppskattas den till ca $1-2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.¹ Den hydrauliska konduktiviteten i samma område uppskattas av en referens till $3-40 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ av en referens men också till $1-4,7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ av annan.²

¹ Umeå kommun, Kulla, Geohydrologiska undersökningar, VIAK 1977-04-19 samt Marie-Louise Jacobsson, Hydrogeologisk undersökning och grundvattenmodellering, Forslunda grundvattentäkt, Umeå kommun, Göteborgs universitet, Inst för Geovetenskaper, B270, Göteborg 2001.

² Marie-Louise Jacobsson, Hydrogeologisk undersökning och grundvattenmodellering, Forslunda grundvattentäkt, Umeå kommun, Göteborgs universitet, Inst för Geovetenskaper, B270, Göteborg 2001 samt sistnämnda intervallet ges av M. Bergvall et al, Contaminant Transport in a Municipal Drinking Water Supply, A Steady-state Approach to Estimate Rate and Uncertainty, Ambio Vol 36, no 6, sept 2007.

Vindelälvsåsen synliga del passerar ca 300 meter SV om bro 1 i ca NNV-SSO-lig riktning. Det kunde initialt inte av topografiska skäl uteslutas att åsen kunde ligga närmare eller att delar av åsens östra sida underlagrade siltjorden vid bro 1.

Vindelälvsåsen består av en gruskärna som vid Röbbäck överlagras av mellansand och finsand. Gruskärnan finns hypotetiskt inte vid Linné-källan utan längre västerut.³

Vilka egenskaper som kan överföras till Röbbäcksområdet av Vindelälvsåsen, kan mycket översiktligt kontrolleras. En beräkning baseras på hydrauliska uppskattningar vid Linnés källa utifrån angivna bortflödet 5 l/s⁴ och uppskattade nivåvariationen <1 meter i åsen.⁵ Transmissiviteten kan då uppskattas om flöde och avsänkning är kända. Vid Linné källa bör transmissiviteten då vara ca 10^{-2} m²/s för att ge ett maximalt utflöde av 10 l/s vid en avsänkning eller nivåhöjning av 1 meter. Den vattenförande mäktigheten av Vindelälvsåsen är okänd i området men uppskattas vara 10 meter. Detta betyder att med en preliminär transmissiviteten 10^{-2} m²/s, så uppskattas medelkonduktiviteten preliminärt vara ca $10 \cdot 10^{-4}$ m/s i åsmaterialet vid Linnés källa.⁶ Denna medelkonduktivitet motsvarar ungefär mellansand/grovsand, dvs den hydrauliska analysen stämmer med den geologiska tolkning.⁷ Åsens kärna av grus har dock en högre konduktivitet.

Vindelälvsåsens synliga bredd vid Röbbäck är ca 800 meter. Den grundvattenförande delen av åsen uppskattas vara 10-30 meter, samt grundare längre söderut mot Stöcksjöheden, dvs uppskattas till ca 10 meter vid Röbbäck, dvs grovt från ca +12 till ca +2.⁸

Den naturliga grundvattennivåvariationen i åsen bedöms vara <1 meter. Den hydrauliska gradienten i Vindelälvsåsen vid Röbbäck, väster om broarna, är regionalt riktad i åsens längdriktning åt NNV. Gradienten vid Röbbäck åt NNV uppskattas preliminärt till ca 0,003. Lokalt i åsen uppfattas flödet på topografiska grunder vara riktat i en sektor från ca NNV centralt i åsen till ca ONO i östra delen av åsen.

Linnés källa⁹ är belägen ca 200 meter söder om bro 1, på nivån ca +11 möh (osäkert). Den opåverkade och naturliga grundvattennivån uppskattas centralt i åsen, väster om Linné-källan,

³ SGU, Beskrivning till karta över grundvattenförekomster i Umeå kommun, K44, sid 65, tolkning av Rb 8303, Rb8304.

⁴ Eg. 3-10 l/s.

⁵ Nivåvariationen antas vara < 1 meter. Om utläckaget typiskt är 5 l/s (max 10 l/s enligt SGU, kartbeskrivning K44), grundvattennivån i åsen ca +12 grundvattennivån i källan på ca +11 så blir beräknad avsänkning för preliminärt vald egenskap ($T=10^{-2}$ m²/s) ca 0,5 meter, vilket är mindre än grundvattennivåskillnaden +12 till +11, dvs 1 meter. Utläckaget 10 l/s skulle då kräva 1 meters avsänkning, dvs lika med antagen nivåvariation. Detta indikerar att transmissiviteten i åsen vid Röbbäck preliminärt kan vara $\sim 10^{-2}$ m²/s.

⁶ $10^{-2}/10 = 10^{-3}$ m/s.

⁷ Den hydrauliskt utvärderade kornstorleken verifieras av Rb8303-Rb8304, dvs grus förekommer troligen inte vid Linnés källa utan "mellansand" i ytan enligt rördrivningarna.

⁸ SGU, Beskrivning till karta över grundvattenförekomster i Umeå kommun, K44, sid 38.

⁹ Hälsobrunn känd sedan 1600-talet. Järnhaltigt vatten, flöde ca 3-10 l/s men har observerats vara torr. Umebygdens mejeri byggdes här vid källan. Försörjde Tegs municipalsamhälle. Användes för uppvärmning av nya områden vid Skravelsjövägen

vara på ca +12 möh (osäkert), dvs en lokal gradient i sektorn NO-SV mot Linnékällan av preliminärt ca 0,0025.

Vattenbalans i Vindelälvsåsen vid Röbbäck

Grundvattentransportpotentialen norrut i åsen förbi Röbbäck kan med antagna värden preliminärt beräknas vara ca 25 l/s.¹⁰ Strax före denna beräkningspunkt tappas ut 3-10 l/s från Linnékällan. Linnékällan finns i anslutning till det gamla mejeriet i Röbbäck. Linnékällan avvattnas till Degernäsbäcken.

Grundvattenflödet söderifrån strax före Röbbäck och Linnés källa skulle då vara ca 30-35 l/s.¹¹ SGU redovisar uttagspotentialen till 5-25 l/s fram till Röbbäck.¹² Totala beräknade flödet täcker utläckagestorleken för Linné-källan (3-10 l/s), dvs beräkningen ovan är storleksmässigt korrekt.¹³

Grundvattenflödets storlek söderifrån strax före Röbbäck om ca 30-35 l/s kan översiktligt kontrolleras genom vattenbalansberäkning.¹⁴ Det maximala tillskottet uppskattas teoretiskt byggas upp från vattendelaren och norrut till Röbbäck mot maximalt ca 50-60 l/s. Söder om Röbbäck kan uppskattningsvis drygt hälften av grundvattenbildningen 50-60 l/s läcka ut (25-30 l/s), eftersom topografin är så flack. Typiskt bör sådant utläckage börja kunna ske inom 1-2 km från Vindelälvsåsens ytvattendelare i söder.¹⁵ Vid Röbbäck är det därför möjligt att ca 25-30 l/s kan finnas kvar, vilket stämmer med beräkningen 30-35 l/s.

Det finns därför av de två uppskattningarna skäl att förmoda att uttagspotentialen i Röbbäck inklusive utflödet i Linné-källan är 25-35 l/s. Om ett extra uttag sker i området av Q_{VP} , växer konsekvensen när Q_{VP} närmar sig tillgången 25-35 l/s.

Att däremot grundvattentillgången¹⁶ skulle vara >125 l/s norrut i Vindelälvsåsen mellan Röbbäck och Umeälven¹⁷, är osäkert med ovanstående förutsättningar och egenskaper. Flödet mot Umeälv torde istället kunna vara 30-45 l/s, om inget läcker ut på vägen.¹⁸

¹⁰ Givet $k \sim 10 \cdot 10^{-4}$ m/s, $i \sim 0,003$, $H = 10$ m $\Rightarrow Q_n \sim 10 \cdot 10 \cdot 10^{-4} \cdot 0,003 \cdot 800 \sim 25$ l/s.

¹¹ Typiskt 25+(3-10) l/s.

¹²

http://vvv.sgu.se/sguMapView/web/sgu_MV_hyna.html?zoom=743824.356492,7072692.215289,768927.550566,7099260.046195, uttagen 2011-02-11.

¹³ SGU, enligt legenden i grundvattenkartan över Umeå, detaljerad undersökning, 1:50 000.

¹⁴ Grundvattenbildningen till Vindelälvsåsen uppskattas grovt till ca 240 mm/år eller ca 7,5 l/s*km². Vindelälvsåsen söder om Röbbäck har en yta av ca 8 km².

¹⁵ $L = \sqrt{(2 \cdot T \cdot \Delta h / W)}$, givet $T \sim 0,5 \cdot 10^{-2}$ m²/s, $W = 0,35$ m/år, $\Delta h \sim 1-5$ m.

¹⁶ Grundvattentillgång, i betydelsen stadigvarande uttagsmöjlighet i balans med grundvattentillskottet.

¹⁷ Enligt SGU K44:2, Grundvattenförekomster, Umeå kommun, södra delen.

¹⁸ IN: [30-35]_{Söderifrån} - [3-10]_{Linné källa} + [12]_{Tillskott} \sim ca 30-45 l/s, givet antagna egenskaper.

Hydrogeologiska egenskaper vid broarna

Utgångspunkter

Vid beräkningarna av inläckage är det främst storleken och vår osäkerhet om jordartens hydrauliska konduktivitet som är avgörande för avvikelserna mellan prognosticerad och verkligt inläckage. Övriga parametervärden i beräkningsformlerna kan relativt väl uppskattas eller uppmätas utan betydande fel.

Den hydrauliska konduktiviteten var ursprungligen inte känd vid broarna. Jordmaterialet anges generellt som silt av olika typer. Jordmaterialet silt kan då allmänt generaliseras till en hydraulisk konduktivitet omkring ca $0,001-10 \cdot 10^{-6}$ m/s. Mer specifikt har angivits att svallmaterialet sand och silt har en hydraulisk konduktivitet vid Vindelälvsåsen på norra sidan av Umeälven till $0,1-5 \cdot 10^{-6}$ m/s.¹⁹

Den naturliga grundvattenstryckvariationen i siltjorden uppskattas till 1-2 meter. Grundvattenstrycknivån ligger nära eller över marknivån.

Översiktlig fältundersökning

Siltjordens egenskaper testades översiktligt inledningsvis. Orienterande hydrauliska tester i befintliga rör²⁰ vid bro 1 och 2 indikerade relativt täta förhållande på filternivåerna ($T \sim 1 \cdot 10^{-9}$ m²/s) i siltjorden, dvs en hydraulisk konduktivitet av ca 10^{-9} till 10^{-8} m/s. Den hydrauliska konduktiviteten 10^{-9} till 10^{-8} m/s enligt dessa översiktliga tester är så låg, givet siltjord, att detta resultat behövde verifieras, i synnerhet i nedre delarna för schaktbottennivåerna i bro 1. Av detta skäl utfördes kompletterande borrhning, jordprovtagning och permeabilitetsbestämningar vid blivande bro 1 och 3.

Fördjupade fältundersökning vid bro 1 och bro 3

Inledande uppskattningarna indikerade storleksordningar på flödet i Vindelälvsåsen samt möjligheter till påverkan på Linné-källan och grundvattnet i Vindelälvsåsen från pumpning och länshållning av de närmaste broarna öster om Röbbäck.

En kritisk faktor för eventuell påverkan är om schaktning kommer att ske också i eventuellt underliggande isälvsmaterial till siltjorden. I så fall föreligger risk för hydraulisk kontakt med Linné-källan och Vindelälvsåsen samt risk för större flöde, än om schaktningen till sin helhet kommer att begränsas till att enbart vara i siltjorden.

Utifrån dels att osäkerheten var betydande, att osäkerheten linjärt påverkar inläckageprognoserna samt att det inte kunnat uteslutas att delar av Vindelälvsåsens material

¹⁹ Marie-Louise Jacobsson, Hydrogeologisk undersökning och grundvattenmodellering, Forslunda grundvattentäkt, Umeå kommun, Göteborgs universitet, Inst för Geovetenskaper, B270, Göteborg 2001.

²⁰ Gw 9280 vid VP 1, Gw 1130 vid VP 2 (2011-02-04)

också utsträckes under det översta siltlagret och eventuellt kommer att genomschaktas för vissa broar, erfordrades en utökad undersökning av jordmaterialet. För att kostnadseffektivt undersöka jorden, har 2+2 borringar utförts i läge för bro 1 och 3.²¹ Borringarna utfördes ytterligare 9 meter respektive 4 meter under preliminär schaktbotten (~+3,5) för VP 1 och ca 0,2-1 meter under preliminär schaktbotten (~+1,5) för VP 3.

Jordprovtagningarna för bro 1 och 3 utfördes genom borringarna SW1129H²²+SW1129V²³ i schaktläge för bro 1 och SW1130H²⁴+SW1130V²⁵ i schaktläge för bro 3.

Jordprov uttogs varje meter under grundvattenytan (bruttoprov), och statistiskt representativa jordprov utifrån dessa uttogs (nettoprov) för siktanalys/sedimentationsanalys och störd permeabilitetsbestämning.²⁶ De 9 (bro 1) + 6 (bro 3) hydrauliska konduktiviteterna genomgick analys för att beskriva respektive borrhålsfördelning, spridning och representativa värden att primärt användas vid beräkningarna för bro 1 och 3. Värden användes även analogt för bro 2, 4 och 6. Dels har dessa representativa transmissiviteter använts för inläckageberäkningarna, presenterade inledningsvis i detta PM, och dels bedöma risken för att schaktningen kommer i kontakt med Vindelälvsåsen.

I schaktläge för bro 1 noterades olika typer av silt ner till 8 mummy respektive ner till ca 11 mummy. Härunder tolkades materialet som siltig sand, alternativt morän. I schaktläge för bro 3 noterades olika typer av silt ner till ca 8 mummy respektive ner till ca 9 mummy. Härunder tolkades materialet som siltig morän. Inget isälvsmaterial noterades i de fyra borrhålen.

Antalet 4+5 jordprover uttogs ur [SW1129H+SW1129V]_{VP1} samt 3+3 prover ur [SW1130H+SW1130V]_{VP3} uttogs för siktanalys för att få fram uppskattningar på provens (störda) hydrauliska konduktiviteter.

De hydrauliska egenskaperna från de två borrhålen i planerad schakt för bro 1 håller grovt variationen $2 \cdot 10^{-5}$ m/s till $3 \cdot 10^{-8}$ m/s för borrhål SW1129H och $2 \cdot 10^{-5}$ m/s till $2 \cdot 10^{-7}$ m/s för borrhål SW1129V. Egenskaperna visar ingen trend i vertikalled. Medianvärdet av alla proven här är ca $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

De hydrauliska egenskaperna från de två borrhålen i planerad schakt för bro 3 håller variationen $1 \cdot 10^{-7}$ m/s till $1 \cdot 10^{-8}$ m/s för borrhål SW1130H och $3 \cdot 10^{-7}$ m/s till $3 \cdot 10^{-8}$ m/s för borrhål

²¹ Detta producerade ca 15+15 jordprov per broschaktläge. Av dessa 15+15 prover uttogs 5+5 representativa jordprover för siktanalys/sedimentationsanalys, som i sin tur gav 5+5 översiktliga hydrauliska konduktiviteter per broschaktläge. Värdena har behandlats statistiskt för att bygga upp en representativ transmissivitet (geometriskt medelvärde) per broschaktläge till grund för inläckageberäkningarna.

²² Borrdjup 17 meter

²³ Borrdjup 12 meter

²⁴ Borrdjup 8,2 meter

²⁵ Borrdjup 9,2 meter

²⁶ Bruttoantal ca 15+15 prover per schakt varav ca 5+5 prover användes för siktanalys/sedimentationsanalys vilket gav ca 5 hydrauliska konduktiviteter per borrhål och ca 10 per bro 1 och 3.

SW1130V. Egenskaperna visar ingen trend i vertikalled. Medianvärdet av alla proven här är ca $1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Jorden i bro 2, 4 och 6 har inte undersökts. Det har antagits att jordmaterialet för bro 2 representeras av medianvärdet av bro 1 och bro 3 ovan, dvs $4,5 \cdot 10^{-7}$ m/s samt bro 4 och bro 6 av värdet från bro 3 dvs $1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Bro 1	$k = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s.
Bro 2 (median av 1+3)	$k = 4,5 \cdot 10^{-7}$ m/s.
Bro 3	$k = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s.
Bro 4	$k = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s.
Bro 6	$k = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Bro 1

Bron är belägen vid längdmätning km 0/299. Beräkningarna har utförts med antaganden enligt tabell 1 nedan.

Tabell 1. Antaganden vid beräkningar av inläckage och influensområde

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart		Silt-Sandig silt
Mättad hydraulisk konduktivitet, K	m/s	$\sim 1 \cdot 10^{-6}$
Akvifärmäktighet, D	m	~8
Naturlig grundvattennivå, h_0	m	+12,5
Grundläggningsnivå	m	+4,5
Avsänkning till grundläggningsnivån, Δs	m	8
Schaktlängd under grundvattenytan, L, medel	m	~50
Schaktbredd under grundvattenytan, B, medel	m	~35

Beräkningarna ger att grundvatteninläckaget förväntas uppgå till ca 100 m³/dygn och att influensområdet uppgår till ca 90 m från släntkrönet. Uppskattningsvis 90 % av inläckaget kommer att ske upp igenom schaktbotten under homogena förhållanden för ovanstående egenskaper. Högre konduktivitet innebär både högre inläckage och högre andel genom schaktbotten. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage att hantera.

Bro 2

Bron är belägen vid längdmätning km 0/648. Beräkningarna har utförts med antaganden enligt tabell 2 nedan.

Tabell 2. Antaganden vid beräkningar av inläckage och influensområde

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart		Silt
Mättad hydraulisk konduktivitet, K	m/s	$\sim 4,5 \cdot 10^{-7}$
Akvifärmäktighet, D	m	~ 15
Naturlig grundvattennivå, h_0	m	+7,5
Grundläggningsnivå	m	+6,0
Avsänkning till grundläggningsnivån, Δs	m	1,5
Schaktlängd under grundvattenytan, L, medel	m	~ 27
Schaktbredd under grundvattenytan, B, medel	m	~ 14

Beräkningarna ger att grundvatteninläckaget förväntas uppgå till ca 10 m³/dygn och att influensområdet uppgår till ca 40 m från slänkrönet. Uppskattningsvis 80 % av inläckaget kommer att ske upp igenom schaktbotten under homogena förhållanden för ovanstående egenskaper. Högre konduktivitet innebär både högre inläckage och högre andel genom schaktbotten. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage att hantera.

Bro 3

Bron är belägen vid längdmätning km 1/289. Beräkningarna har utförts med antaganden enligt tabell 3 nedan.

Tabell 3. Antaganden vid beräkningar av inläckage och influensområde

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart		Silt-Sandig silt
Mättad hydraulisk konduktivitet, K	m/s	$\sim 2 \cdot 10^{-7}$
Akvifärmäktighet, D	m	~ 13
Naturlig grundvattennivå, h_0	m	+10
Grundläggningsnivå	m	+1,5
Avsänkning till grundläggningsnivån, Δs	m	8,5
Schaktlängd under grundvattenytan, L, medel	m	~ 50
Schaktbredd under grundvattenytan, B, medel	m	~ 40

Beräkningarna ger att grundvatteninläckaget förväntas uppgå till ca 30 m³/dygn och att influensområdet uppgår till ca 60 m från slänkrönet. Uppskattningsvis 70 % av inläckaget kommer att ske upp igenom schaktbotten under homogena förhållanden för ovanstående egenskaper. Högre konduktivitet innebär både högre inläckage och högre andel genom schaktbotten. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage att hantera.

Bro 4

Bron är belägen vid längdmätning km 1/606. Beräkningarna har utförts med antaganden enligt tabell 4 nedan.

Tabell 4. Antaganden vid beräkningar av inläckage och influensområde

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart		Silt
Mättad hydraulisk konduktivitet, K	m/s	$\sim 10^{-7}$
Akvifärmäktighet, D	m	~ 5
Naturlig grundvattennivå, h_0	m	+8
Grundläggningsnivå	m	+5
Avsänkning till grundläggningsnivån, Δs	m	3
Schaktlängd under grundvattenytan, L, medel	m	~ 36
Schaktbredd under grundvattenytan, B, medel	m	~ 23

Beräkningarna ger att grundvatteninläckaget förväntas uppgå till ca 20 m³/dygn och att influensområdet uppgår till ca 40 m från slänkrönet. Uppskattningsvis 30 % av inläckaget kommer att ske upp igenom schaktbotten under homogena förhållanden för ovanstående egenskaper. Högre konduktivitet innebär både högre inläckage och högre andel genom schaktbotten. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage att hantera.

Bro 6

Bron är belägen vid längdmätning km 2/418. Beräkningarna har utförts med antaganden enligt tabell 5 nedan.

Tabell 5. Antaganden vid beräkningar av inläckage och influensområde

Parameter	Enhet	Värde
Huvudsaklig jordart		Morän
Mättad hydraulisk konduktivitet, K	m/s	$\sim 10^{-7}$
Akvifärmäktighet, D	m	~ 4
Naturlig grundvattennivå, h_0	m	+13
Grundläggningsnivå	m	+10
Avsänkning till grundläggningsnivån, Δs	m	3
Schaktlängd under grundvattenytan, L, medel	m	~ 36
Schaktbredd under grundvattenytan, B, medel	m	~ 23

Beräkningarna ger att grundvatteninläckaget förväntas uppgå till ca 20 m³/dygn och att influensområdet uppgår till ca 40 m från släntkrönet. Uppskattningsvis 30 % av inläckaget kommer att ske upp igenom schaktbotten under homogena förhållanden för ovanstående egenskaper. Högre konduktivitet innebär både högre inläckage och högre andel genom schaktbotten. Till detta kommer eventuellt ytvatteninläckage att hantera.

Påverkan på Vindelälvsåsen

Enligt ovan har vattenbalansen preliminärt uppskattats. Grundvattenflödet söderifrån strax före Röback uppskattas till ca 30-35 l/s, som är bruttotillgången. Vid Linnés källa bortflödar ca 3-10 l/s, dvs nettotillgången efter Linné-källan är ca 25 l/s som transporteras vidare norrut.

Skattningen av bortläckagen från broarna är ca 1 l/s (100 m³/d) från bro 1 och sammantaget ungefär lika mycket från bro 2, 3, 4 och 6 (80 m³/d), dvs totalt ca 2 l/s. Eventuell påverkan på grundvattnet i åsen från pumpning vid broarna i öster (~ 2 l/s), uppkommer maximalt i proportion till förhållandet mellan inläckaget/bortpumpningen från berörd bro som härrör från åsen, avståndet och åsens naturliga flöde. Om uppskattningen av tillgången till högst 25 l/s är korrekt efter Linné-källan, hydraulisk kontakt föreligger, och allt bortlett vatten om 2 l/s härrör från åsen,

innebär detta en sänkning av grundvattennivån i åsen med högst en meter.²⁷ En alternativ och lika översiktlig beräkning är att fiktivt placera en brunn i åsen och där pumpa ut motsvarande inläckage till bro från åsen, och beräkna avsänkningen i brunnen.²⁸ Påverkan blir då några decimetrar.

Allt vatten till broarna kan dock inte härröra från åsen, utan en del kommer från omkringliggande mark. Påverkansavståndet från broarna enligt ovan har beräknats till ca 40-90 meter, dvs är relativt lokal i förhållandet till avståndet till åsen som är minst 300 meter (bro 1). Detta betyder att nivåpåverkan på Vindelälvsåsen från ett summerat uttag av 2 l/s broarna blir högst någon decimeter.

Påverkan på Linné-källan

Linnékällan försörjs från Vindelälvsåsen. En fråga är hur inläckaget/bortpumpningen från berörd bro/-ar också påverkar grundvattnet vid Linné-källan. Detta har inte fältundersökts i detta skede, men bedömning kan göras. Av avgörande betydelse för korrekt bedömning är om hydraulisk kontakt föreligger mellan bro och Linné-källan (okänt), vilket inläckage som uppkommer till broarna (uppskattat) och som kan härröra från Linné-källan och Vindelälvsåsen, avsänkning vid broarna (relativt känt), avstånd mellan broarna och Linné-källan och Vindelälvsåsen (känt) samt hydrogeologiska egenskaper mellan broarna och Linné-källan respektive Vindelälvsåsen (delvis uppskattas). Den antagna avsänkningen 1 meter i Linné-källan ger med den hydrauliska konduktiviteten en "egen-påverkan" av grundvattennivån runt källan inom i medeltal ca 75 meter.²⁹

Avsänkningen i exempelvis bro 1 sker ner till nivån ca +3 till +4 möh, dvs under grundvattennivån för Linnés källa, ca 200 meter söderut på nivån ca +11 möh. Tryckmässig förutsättning finns då för påverkan. Om bro 1 erhåller direkt hydraulisk kontakt med Vindelälvsåsen, föreligger både gradientmässiga och kontaktmässiga förutsättningar för påverkan av utflödet ur källan genom avsänkning vid källan.

Jordprovtagning genom botten på tilltänkt schakt för bro 1 och 3 har dock inte verifierat att isälvsmaterial kommer att beröras av schaktningarna. I så fall föreligger ingen direkt hydraulisk kontakt mellan schakter och källa, utan endast indirekt kontakt genom schaktbotten, underliggande siltmaterial till eventuellt isälvsmaterial härunder. Detta reducerar i så fall påverkan, både vad avser påverkan på Linnés källa och Vindelälvsåsen.

²⁷ Vattenförande mäktighet antas vara 10 meter för att transportera 25 l/s, dvs 2,5 l/s per höjdmeter, dvs uttag av 2 l/s innebär vattenbalansmässigt avsänkningen maximalt $2/(2,5)*1 \Rightarrow \Delta s \sim 0,8$ meter i åsen.

²⁸ $\Delta s_{\text{brunn}} \sim [1*10^{-3}/(2*\pi*10^{-2})]*\text{LN}(400/0,057) \sim 0,15$ meter.

²⁹ Enl metod från Thurner 1967; $R_0 \sim 3000*\Delta s*\sqrt{k}$.

[Logo small infogas]

För bro 1 uppskattas inläckaget bli ca 1 l/s. Påverkansavståndet beräknas till ca 90 meter, vilket är mindre än avståndet mellan bro 1 och Linnés källa (200 meter). En bedömning är därför att med detta inläckage och avstånd så blir nivåpåverkan upp till högst någon decimeter, dvs källflödet från Linnés källa reduceras med högst ca 10 %.

Kontrollprogram för grundvatten

Grundvattenrör bör inventeras i området inom 200 meter från broarna. Skyddsvärda objekt såsom Linnés källa, privata brunnar etc bör kontrolleras via ett nät av grundvattenrör med grundvattenobservationsmätningar enligt ett kontrollprogram. Mätningarna bör startas åtminstone 3 månader innan schaktstart. Kontrollprogrammet anger vad, var, hur, frekvens, varaktighet samt rapporteringsmetod för mätningarna.

Sweco Environment
Sundsvallskontoret

Hans Ericsson

Magnus Liedholm

14 (14)

PM
2011-02-22
UMEÄPROJEKTET VÄSTRA LÄNKEN

pm03s-2010-12-15