

Analys av uppmätta portryck i slän- terna vid Äsperöd och Åkerström

Thomas Rihm

GÄU - delrapport 11

Linköping 2011





STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Göta älvutredningen - delrapport 11

Analys av uppmätta portryck i slänterna vid Äsperöd
och Åkerström

*Analysis of pore pressure measurements in the slopes at Äsperöd and
Åkerström*

Thomas Rihm

**Göta älvutredningen
delrapport 11**

Beställning

Dnr SGI

Uppdragsnr SGI

Statens geotekniska institut (SGI)
581 93 Linköping

SGI
Informationstjänsten
Tel: 013-20 18 04
Fax: 013-20 19 14
E-post: info@swedgeo.se
www.swedgeo.se

6-1001-0037

14095

FÖRORD

Göta älvutredningen (GÄU)

För att möta ett förändrat klimat och hantera ökade flöden genom Göta älv har Regeringen gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att under en treårsperiod (2009-2011) genomföra en kartläggning av stabiliteten och skredriskerna längs hela Göta älv-dalen inklusive del av Nordre älv. Tidigare utförda geotekniska undersökningar har sammanställts och nya undersökningar har utförts längs hela älven. Metoderna för analys och kartering av skredrisker har förbättrats. Nya och utvecklade metoder har tagits fram för att förbättra skredriskanalyser och stabilitetsberäkningar, förbättra kunskapen om erosionsprocesserna längs Göta älv, bedöma effekten av en ökad nederbörd på grundvattensituationen i området, utveckla metodiker för kartläggning och hantering av högsensitiv lera (kvikclera) samt utveckla metodik för konsekvensbedömning. Utredningen har genomförts i samverkan med myndigheter, forskningsinstitutioner samt nationella och internationella organisationer.

Denna delrapport är en del i SGI:s redovisning till Regeringen.

Analys av uppmätta portryck i slänterna vid Äsperöd och Åkerström

Denna studie av uppmätta portryck vid slänterna i Äsperöd och Åkerström har gjorts i syfte att bättre förstå typiska geohydrologiska förhållanden i slänterna längs Göta älv. Utöver uppmätta portryck har analyserna även omfattat mätningar av nederbörd och vattennivå i Göta älv.

Författare till rapporten är Thomas Rihm på SGI. Värdefulla kommentarer på innehåll och utformning har lämnats av Håkan Persson på SGI.

Linköping 2011

Marius Tremblay

Uppdragsledare, Göta älvutredningen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	6
1 INLEDNING.....	7
2 ÄSPERÖD.....	7
2.1 Lokalisering.....	7
2.2 Topografiska och geologiska förhållanden	7
2.3 Utförda undersökningar	9
2.3.1 Sonderingar och portrycksmätningar	9
2.3.2 Nederbörds-mätningar.....	10
2.3.3 Vattennivåer i Göta älv.....	10
2.4 Resultat.....	11
2.4.1 Sonderingar.....	11
2.4.2 Portrycksmätningar	11
2.4.3 Nederbörd	13
2.4.4 Vattennivåer i Göta älv	15
2.4.5 Gradients	15
2.4.6 Jämförelser av kortidsvariationer	16
3 ÅKERSTRÖM	19
3.1 Lokalisering.....	19
3.2 Topografiska och geologiska förhållanden	19
3.3 Utförda undersökningar	21
3.3.1 Sonderingar och portrycksspetsar.....	21
3.3.2 Mätningar av nederbörd och älvnivåer	21
3.4 Resultat.....	21
3.4.1 Sonderingar.....	21
3.4.2 Portrycksmätningar och älvnivå	22
3.4.3 Nederbörd	24
4 SAMMANFATTANDE SLUTSATSER	27
4.1 Sammanfattning av resultat	27
4.2 Diskussion.....	28
4.3 Förslag till uppföljningar	29
5 BILAGOR.....	30
5.1 Röldata Äsperöd	30

SAMMANFATTNING

SGI har under flera år utfört mätningar av portryck inom två områden i anslutning till Göta älv. Områdena är belägna på västra sidan av älven, vid Äsperöd strax norr om Lilla Edet och vid Åkerström ca 3 km söder om Trollhättan. I rapporten redovisas och utvärderas mätningar från åren 2007-2010.

Gemensamt för de båda studerade sektionerna är att de högsta portrycksnivåerna återfinns längst bort från älven, samt att grundvattenströmningen i huvudsak sker från höjdområdena i väster i riktning mot älven. I Äsperöd är gradienterna nedåtriktade, med undantag för de undre jordlagren närmast älven där gradienten är uppåtriktad och i Åkerström är gradienten nedåtriktad längst från älven och uppåtriktad närmast älven.

Vid Äsperöd påverkar älvens nivå portrycken åtminstone i de mätare som ligger närmast älven, men variationerna uppgår endast till några centimeter. Vid Åkerström är samvariationen mellan älvens nivå och portrycken mycket tydlig.

Uppmätta portrycksvariationer sammanfaller väl med den nyttiga nederbörden både när det gäller årstidsbundna variationer och variationer mellan regnrika och regnfattiga perioder. Vid Äsperöd kan årstidsvariationerna uppgå till ca 2 m. Nivåskillnader på grund av regnrika och regnfattiga perioder, med en varaktighet från några dagar till några veckor, är vanligen några decimeter stora. Vid Åkerström uppgår årstidsvariationen långt från älven till ca 0,7 m, medan den är obefintlig nära älven. Några variationer till följd av kortare, regnrika perioder kan inte urskiljas.

1 INLEDNING

SGI har under en serie av år utfört mätningar av portryck inom två områden i anslutning till Göta älv. Områdena är belägna vid Äsperöd norr om Lilla Edet och vid Åkerström, ca 3 km söder om Trollhättan. I den här rapporten redovisas och utvärderas mätningar från åren 2007-2010.

2 ÄSPERÖD

2.1 Lokalisering

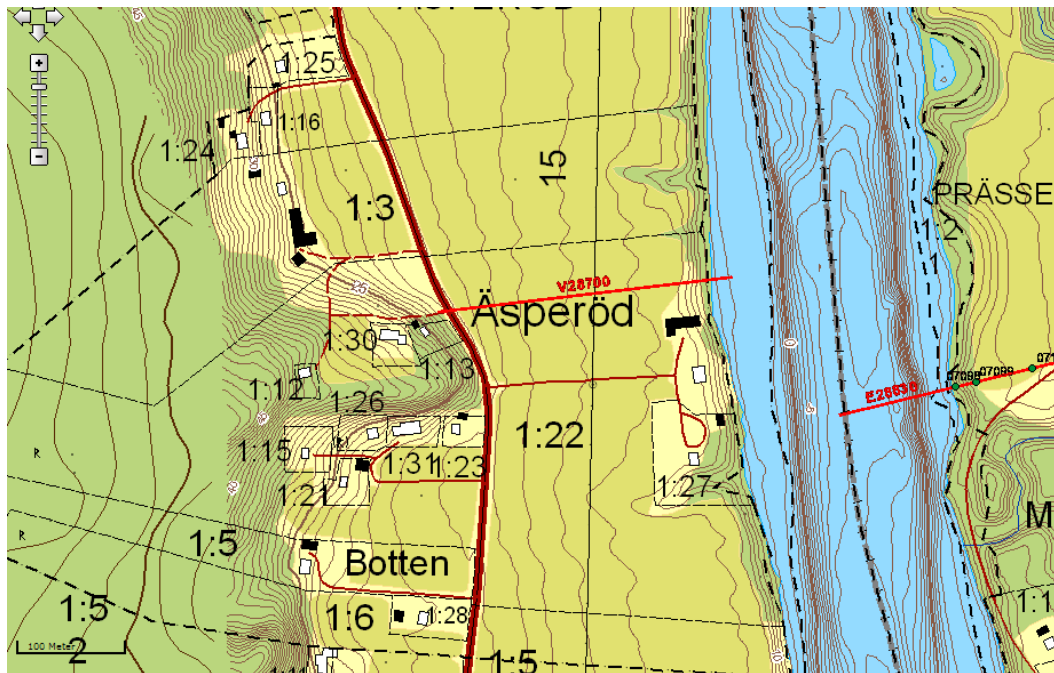
Undersökningsområdet vid Äsperöd är beläget på Göta älvs västra sida, mellan Lilla Edet och Hjärtum. Belägenheten framgår av Figur 1.



Figur 1 Undersökningsområdet vid Äsperöd (© Lantmäteriet MS2010/10049)

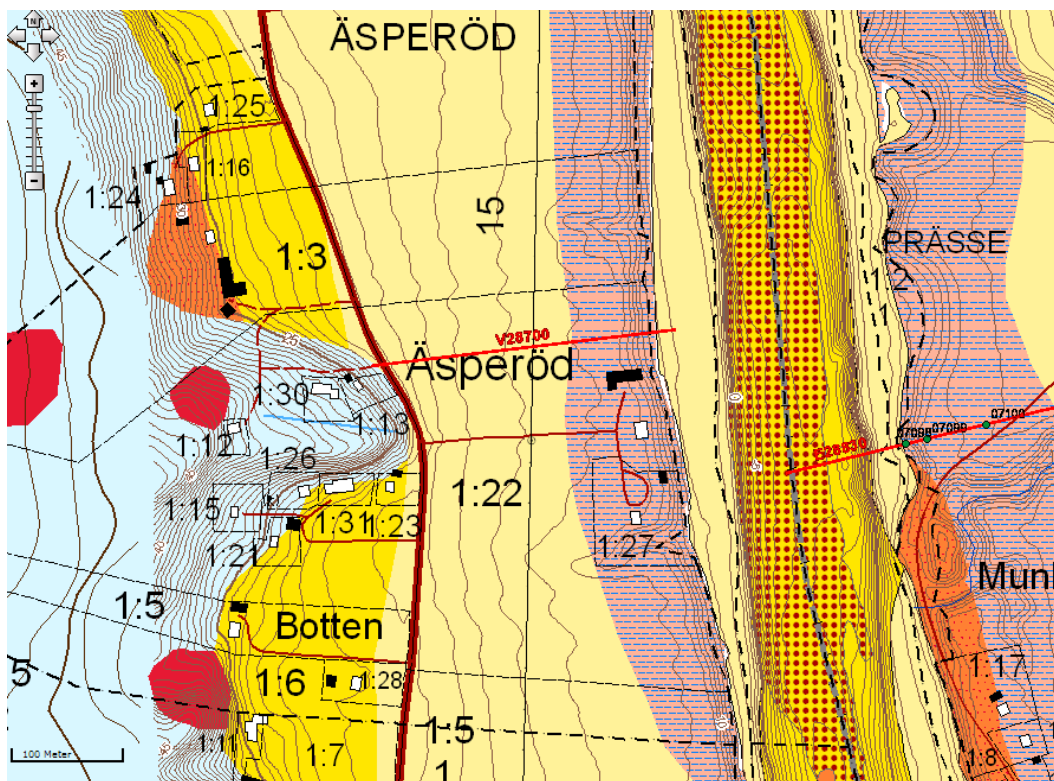
2.2 Topografiska och geologiska förhållanden

Cirka 500 m väster om vägen mellan Lilla Edet och Hjärtum når marknivån upp till ca 85 m ö.h (meter över havet). Vid vägen är nivån ca 20 m ö.h. Därifrån faller marken med ca 7 m på en sträcka av ca 200 m ned till nivån ca 13 m ö.h. De sista ca 25 metrarna ned mot älven faller marken något brantare med ca 6 m ned till älvens nivå, ca 7 m ö.h. De topografiska förhållandena framgår av Figur 2.



Figur 2 Topografiska förhållanden (© Lantmäteriet MS2009/09509)

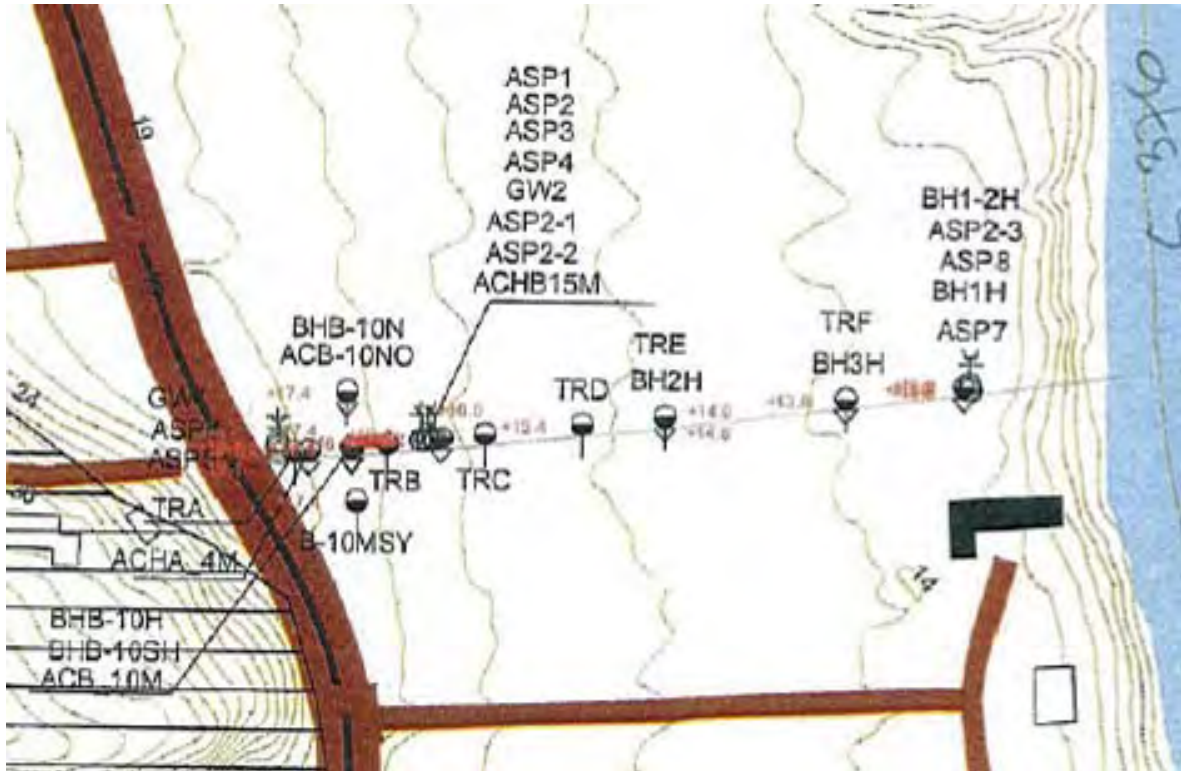
De geologiska förhållandena framgår av Figur 3. Inom de högre belägna områdena i väster finns berg i dagen, och i anslutning till berget finns morän. Öster om vägen mellan Lilla Edet och Hjärtum består jordlagren av postglacial finlera. Närmast Göta älv finns ett område med postglacial silt.



Figur 3 Geologiska förhållanden (© Sveriges Geologiska Undersökning)

2.3 Utförda undersökningar

2.3.1 Sonderingar och porttrycksmätningar



Figur 4 Utförda undersökningar (© Lantmäteriet MS2009/09509)

Lokaliseringen av den undersökta sektionen och utförda borrhningar framgår av Figur 4.

Längs profilen har följande undersökningar utförts:

2 st. grundvattenrör (GW1 och GW2)

12 st. porttrycksspetsar (ASP1 – ASP8 samt ASP2-1, ASP2-2, ASP2-3 och ASP3-1)

6 st. trycksonderingar (TRA – TRF)

7 st. CPT-sonderingar (ACH A-4M, ACH B-10M, ACH B15M, BH2H, BH3H, BH1-2H och Bh1-2H).

Porttrycken vid 10 av 12 porttrycksspetsar har loggats under olika perioder. Som mest har 6 st. loggar använts samtidigt.

Loggningperioder och loggningsfrekvens framgår av Tabell 1.

Tabell 1 Loggningsperioder och frekvens

Rör Nr	Period	Frekvens
Ä1	07-10-16 till 07-10-24	1 gång per timma
	07-11-19 till 08-05-23	1 gång per timma
Ä2		1 gång per timma
Ä3	07-04-28 till 07-09-11	3 gånger per dygn
Ä4	07-04-28 till 07-09-11	3 gånger per dygn
	07-10-16 till 08-05-23	1 gång per timma
	08-06-17 till 08-09-29	1 gång per timma
	08-10-06 till 08-12-11	1 gång per timma
Ä5	07-04-28 till 07-09-11	3 gånger per dygn
Ä6	07-04-28 till 07-09-11	3 gånger per dygn
	07-10-16 till 08-09-13	1 gång per timma
	08-10-06 till 08-12-11	1 gång per timma
Ä7	07-11-19 till 08-05-23	1 gång per timma
	08-06-17 till 08-08-31	1 gång per timma
	08-10-06 till 08-12-11	1 gång per timma
Ä8		
Ä2-1		
Ä2-2	07-09-11 till 08-06-17	1 gång per timma
Ä2-3	07-09-11 till 07-10-20	En gång per timma
	07-11-19 till 08-07-18	1 gång per timma
	08-10-06 till 08-12-11	1 gång per timma
Ä3-1	08-10-06 till 08-12-11	1 gång per timma

2.3.2 Nederbörds­mätningar

Nederbörds­mätningar har utförts med hjälp av mätare med vippa. Mätningarna har kompletterats med nederbördsberäkningar från SMHI, vilka tas fram genom interpolation från mätningar vid de närmast belägna nederbördsstationerna.

2.3.3 Vattennivåer i Göta älv

Vattennivåer i Göta älv uppströms och nedströms slussen i Lilla Edet har erhållits från Vattenfalls driftcentral i Bispgården i form av timvärden.

2.4 Resultat

2.4.1 Sonderingar

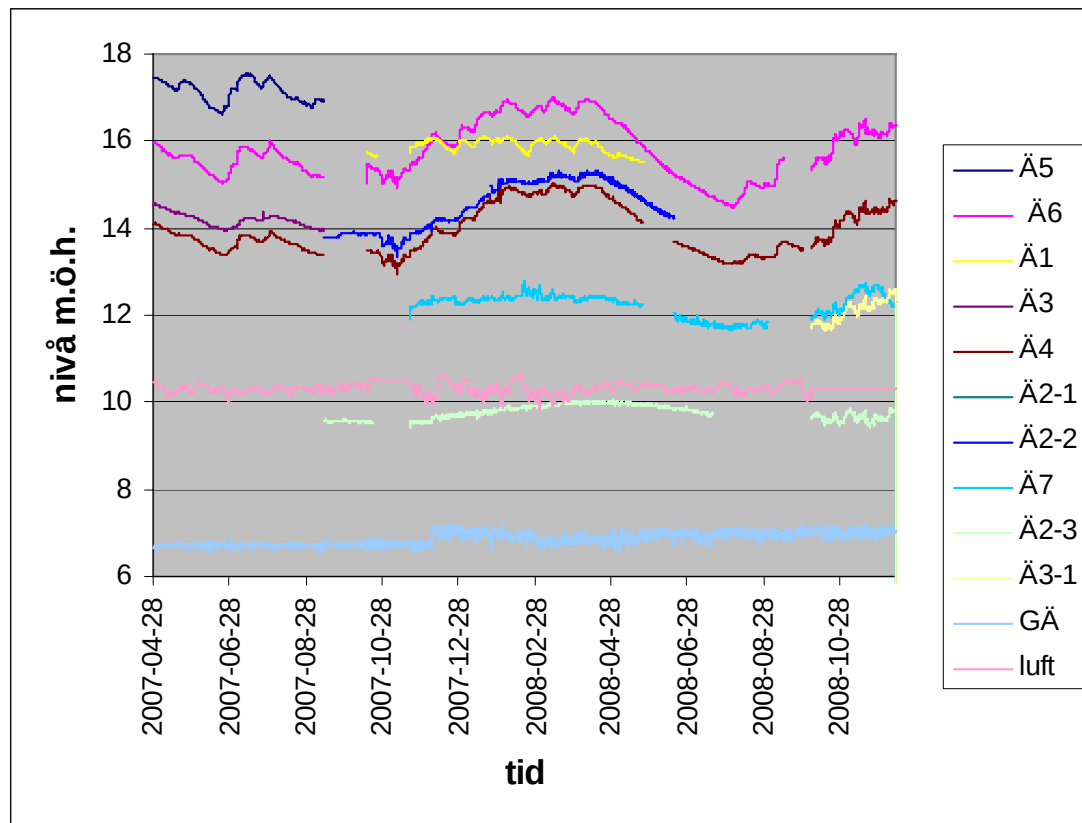
Sonderingarna visar att berget överlagras av friktionsmaterial. I de västligaste delarna vid TRA är friktionsmaterialet någon knapp meter mäktigt, men vid TRB har mäktigheten ökat till omkring 5 m och vid TRC och TRE till ca 7 m. Vid TRF tycks lagret vara 2 – 3 m. Längre österut har sonderingarna inte nått ned till berg.

Det är oklart hur bedömningarna av de finkorniga jordarterna utförts, men enligt befintliga profilritningar överlagras friktionsmaterialet i regel av en varvig, lerig silt som vid TRA har en mäktighet av ca 5 m och som vid TRC har ökat till ca 8 m. Längre österut har inga jordartsbedömningar dokumenterats. I den leriga silten förekommer skikt av sand.

Den leriga silten överlagras av lera. Närmast ytan förekommer 1 – 1,5 m torrskorpa.

2.4.2 Portrycksmätningar

Portrycksnivåer från de olika portrycksspetsarna redovisas tillsammans med vattennivån i Göta älv och lufttrycket i Figur 5. Kurvorna över portryck från oktober 2008 och framåt har ett mera ojämnt utseende än under tidigare mätperioder. Det beror på att observationer för lufttrycksmätningar inte finns tillgängliga denna period. Därför har portrycket korrigerats med ett konstant värde för perioden. Det innebär att lufttrycksvariationer överlagrar portrycken inom mätperioden. Det framgår också av lufttryckskurvan som är helt plan.



Figur 5 Portrycksnivåer (m ö.h.)

Av figuren framgår att portrycken varierar över året. Variationen liknar den årstidsbundna variationen av den nyttiga nederbörden. Portrycken är höga under vår och vinter och är lägre under sensommar och höst. De årstidsbundna variationerna överlagras av kortvariga variationer som framför allt påverkas av nederbörden. I Figur 5 kan tre olika kategorier av portryckskurvor observeras. I den första kategorin finns kurvor där korttidsvariationer i nederbörd påverkar portrycken markant. De följer varandra väl. Hit hör Ä5, Ä6, Ä3, Ä4, Ä2-2 och Ä3-1. De årstidsbundna variationerna är av storleksordningen 1,5 – 2 m.

Till den andra kategorin hör Ä7 och Ä2-3. Dessa kurvor har ett mycket utjämnat förlopp och korttidsvariationer i nederbörd inverkar knappt alls. Årstidsbundna variationer kan iaktas, men tryckskillnaderna mellan årstiderna är relativt små, 0,5 – 1 m.

Till den tredje kategorin hör Ä1 som uppvisar korttidsvariationer av samma slag som kategori 1, men där de årstidsbundna variationerna inte tycks vara lika stora. Det bedöms delvis bero på en bräddnivå vid markytan på nivån ca +16 m.

Fyra av portrycksmätarna i kategori 1 (Ä3, Ä4, Ä2-2 och Ä3-1) bedöms sitta i eller nära friktionsmaterialet. För Ä5, Ä6 och Ä2 är det svårare att bedöma i vilket material spetsarna sitter, men åtminstone Ä6 kan också vara påverkad av friktionsmaterialet.

Portrycksmätarna i kategori 2, Ä7 och Ä2-3 är belägna nära älven på nivåerna +5,67 respektive –23,66 m. Ä7 befinner sig sannolikt i lera eller lerig silt. En CPT-sondering i BH1 visar ett skikt med friktionsmaterial mellan nivåerna –24,5 till –27 m. Portrycks-

mätaren i Ä2-3 är avsedd att mäta i detta skikt men det går inte att säga säkert om filtret sitter i lera eller friktionsmaterial.

2.4.3 Nederbörd

Den kumulativa nederbörden redovisas i Figur 6. Resultaten från vippmätaren som startade 2007-05-25 (blå kurva) stämmer väl överens med de värden som beräknats av SMHI med utgångspunkt från mätningar vid SMHI:s närmaste mätstationer (Gul kurva). I diagrammet redovisas även beräknade värden med start 2007-04-28 då portrycksmätningarna startade (röd kurva). Den nyttiga nederbörden har beräknats som nederbörden minskat med avdunstningen. Avdunstningen har beräknats med hjälp av Tamms formel:

$$E = 221,5 + 29 * T$$

där E = avdunstningen och

T = årsmedeltemperaturen.

I diagrammet har den nyttiga dygnsmedelbörden beräknats som

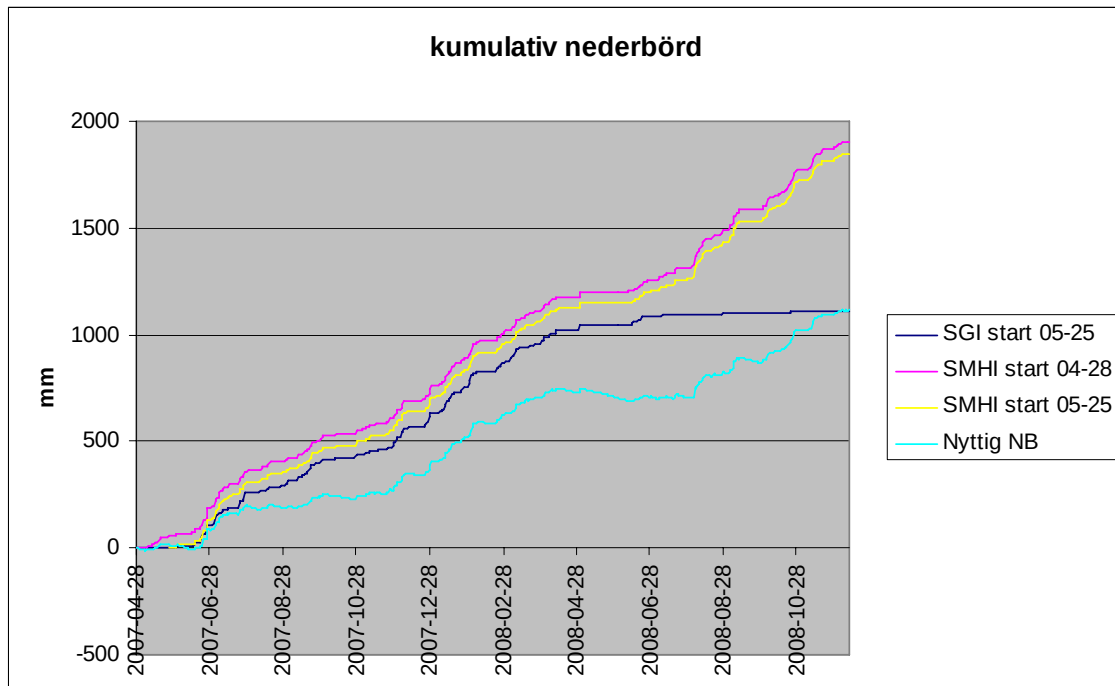
$$P_{dn} = P_d - ((221,5 + 29 T_d) / 365)$$

där P_{dn} = nyttig dygnsnederbörd,

P_d = dygnsnederbörd och

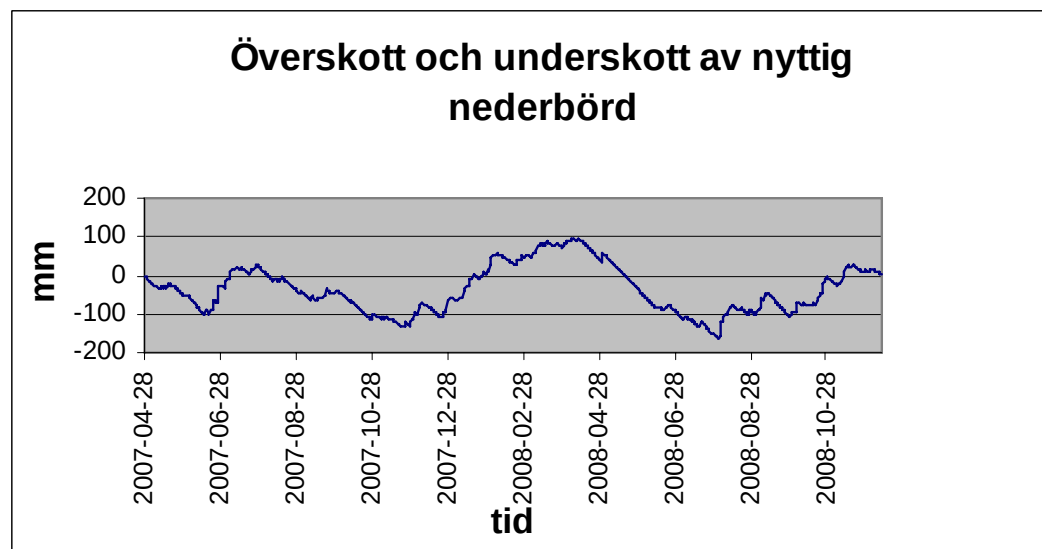
T_d = dygnsmedeltemperatur

Detta är egentligen inte vetenskapligt eftersom formeln inte tar hänsyn till snömagasinering men kan ge en grov bild av den nyttiga nederbörden under år med milda vintrar. Den framräknade nyttiga nederbörden redovisas med ljusblå kurva i Figur 6.



Figur 6. Kumulativ nederbörd

I Figur 7 redovisas överskott och underskott i förhållande till den nyttiga nederbördens medelvärde under perioden.

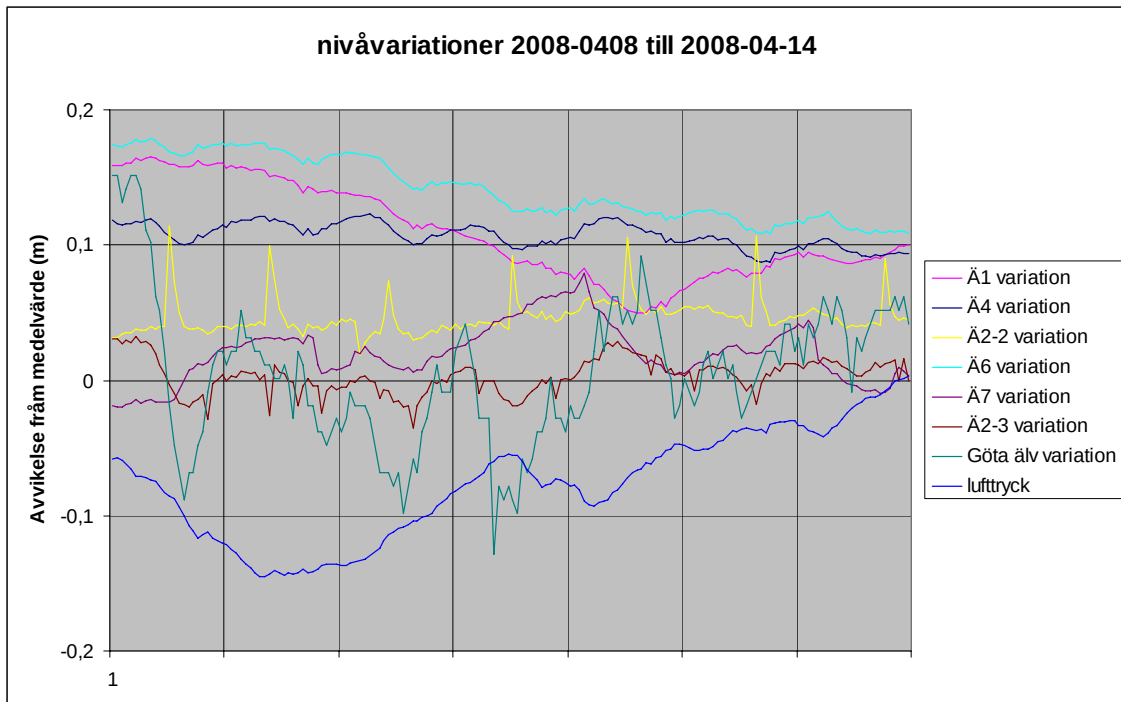


Figur 7 Överskott och underskott av nyttig nederbörd i förhållande till medelvärdet för den nyttiga nederbörden under perioden.

En jämförelse mellan Figur 7 och Figur 5 visar att formen på kurvan över den nyttiga nederbörden stämmer väl överens med formen på flera av porttryckskurvorna. Man kan observera både de årstidsbundna variationerna som uppgår till maximalt två meter och att nederbördsrika perioder medför ökade porttryck, vanligen i storleksordningen några decimeter.

2.4.4 Vattennivåer i Göta älv

I Figur 8 redovisas nivåer i porttrycksmätare och i Göta älv under en kortare tid. Av diagrammet framgår att älvens nivåer samvarierar med porttrycken, åtminstone i "mikroskala" för de närmast älven liggande porttrycksmätarna. Det rör sig om nivåskillnader på några cm. Det syns tydligast på Ä2-3 (brun kurva) och Ä7 (lila kurva). Även övriga porttryckskurvor tycks ha en dygnvis fluktuation, men åtminstone för Ä2-2 bedöms de ha andra orsaker än älvens nivåvariationer.



Figur 8. Nivåer i porttrycksmätare och i Göta älv under perioden 08-10-29 till 08-11-22.

2.4.5 Gradienter

Gradienter har beräknats mellan porttrycksmätare på samma plats men på olika nivåer. Gradienterna redovisas i Figur. 9. De största gradienterna återfinns längst bort från älven och kan uppgå till ca 0,5. Gradienter mellan porttrycksmätare på litet avstånd mellan varandra visar på större kortvariga svängningar än gradienter mellan porttrycksmätare med större avstånd. Mindre tryckvariationer jämnas ut vid större avstånd mellan porttrycksmätarna.

Alla gradienter är positiva, dvs. nedåtriktade, med undantag för gradienten i de undre jordlagren närmast älven. Gradienten mellan Ä2-3 och Ä3-1 uppgår till ca -0,2 och är alltså uppåtriktad till skillnad mot de övre lagren (mellan Ä7 och Ä2-3) där gradienten uppgår till ca +0,1. Förhållandena indikerar att det skikt med friktionsmaterial som noterats vid CPT-sonderingar är dränerande.

För att kontrollera porttrycksresultatet från Ä2-3 mättes porttrycket med en annan logger 2010-08-04. Resultatet överensstämde dock med tidigare mätningar. Vid samma tillfälle

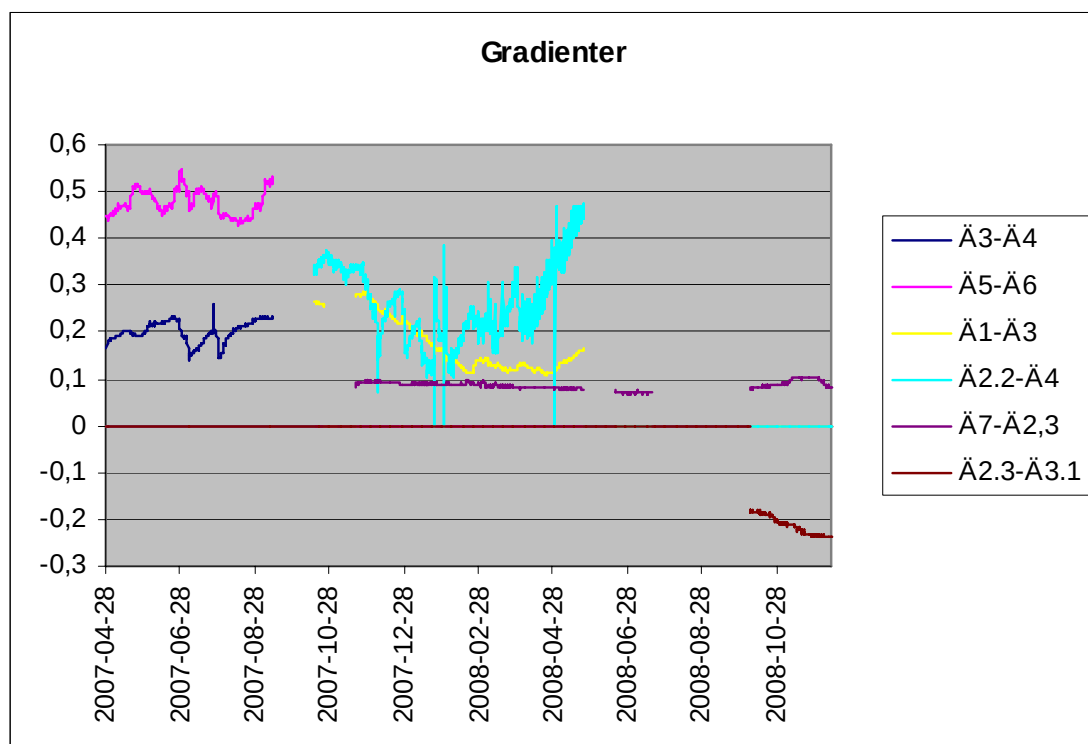
mättes även portrycket i Ä8 och Ä3-1. Portrycket i Ä7 skattades med utgångspunkt från en mätning 2010-07-17. Mätningarna gav följande portrycksnivåer:

Mätpunkt	Portrycksnivå	Anmärkning
Ä7	+12,40 Skattat	med utgångspunkt från mätning 2010-07-17
Ä8	+12,42	
Ä2-3	+9,81	
Ä3-1	+12,01	

Tabell 2. Portryck 2010-08-04

Mätningarna bekräftar tidigare mätningar som tyder på ett dränerande lager vid Ä2-3. Ytterligare kontroller, t.ex. av givarens nivå bör dock genomföras.

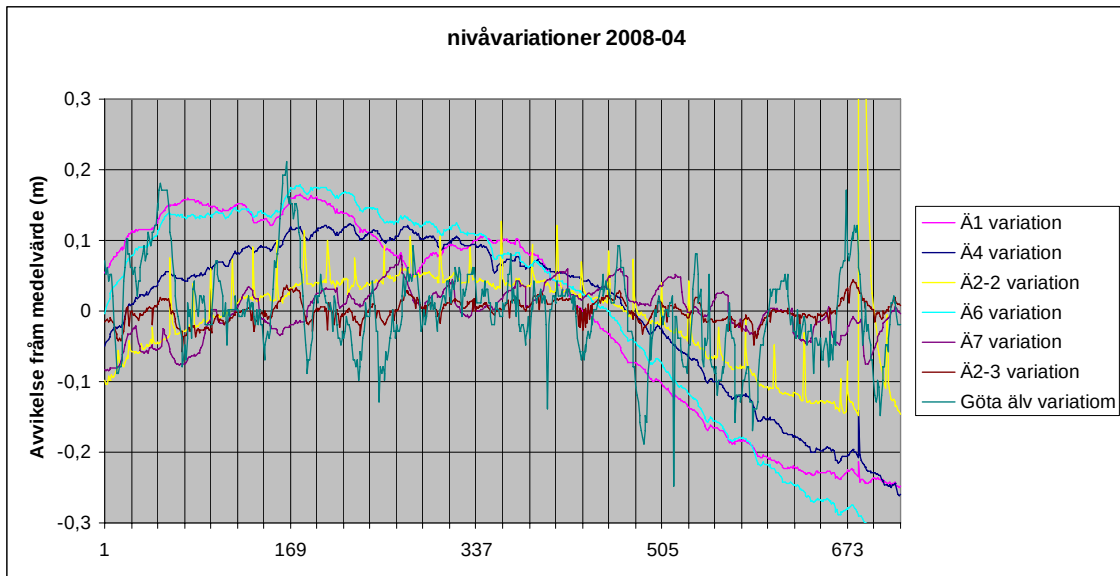
Vattentransporten bedöms i huvudsak ske från de högre belägna områdena i väster i riktning mot älven.



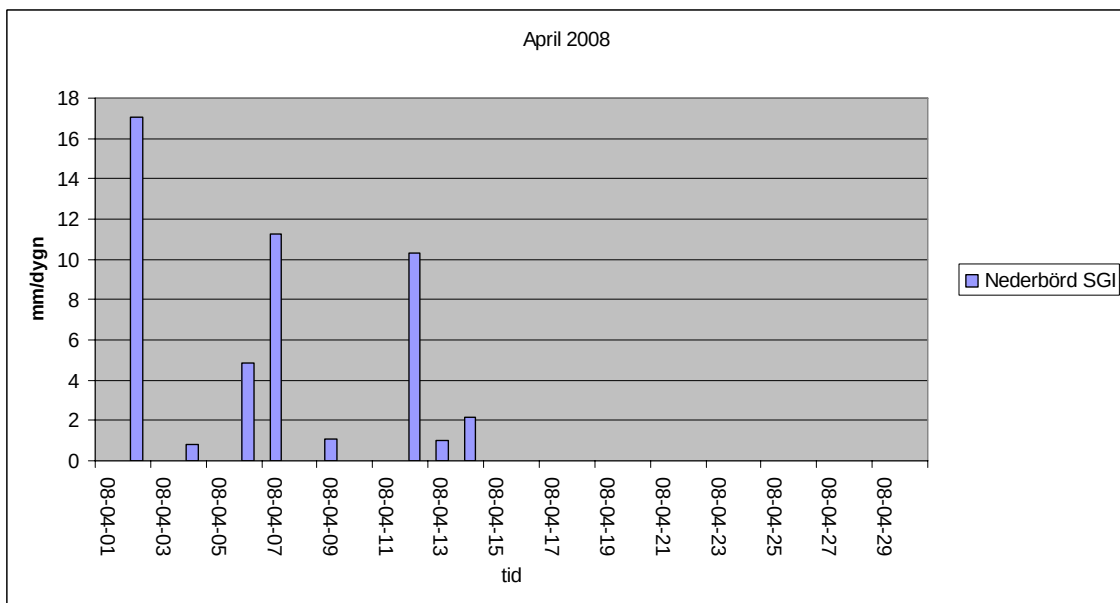
Figur. 9 Gradienter

2.4.6 Jämförelser av korttidsvariationer

Portryckens korttidsvariationer har studerats under april månad 2008. Portryckens avvikelser från medelvärdena under april redovisas i Figur 10 och nederbörden uppmätt i SGI:s nederbördsräknare redovisas i Figur 11.



Figur 10. Portryck vid Äsperöd, avvikelser från medelvärden under april 2008



Figur 11. Nederbörd under april 2008 (samma period som figur 10)

Man kan konstatera att korta portryckstoppar förekommer regelmässigt med ca 1 dygns mellanrum i Ä2-2. De har inget synligt samband med älvens nivåvariationer. Den 29 april är portryckstoppen kraftig, och den kan då även ses för Ä1 och Ä4. Den 29 april utfördes ett grundvattenrör i undersökningssektionen och det är högst sannolikt att denna åstadkommit den kraftiga portryckstoppen. Vad som orsakar de små regelbundna topparna är dock en gåta. Ett annat frågetecken är varför portrycket påverkas så kraftigt i Ä2-2 men knappast alls i Ä4 som sitter ca 1,2 m djupare. En tolkning kan vara att Ä2-2 sitter i ett skikt med friktionsmaterial där tryckskillnader fortplantas lättare.

Under perioden förekommer tre nederbördsperioder, 17 mm den 2 april, sammanlagt 16 mm under den 6 och 7 april samt 13 mm under tiden 12 till 14 april. Effekterna av nederbörden under dessa relativt korta perioder syns tydligast i Ä1 där tre pucklar med ca

5 cm portrycksökning är tydligt urskiljbara. För Ä6 är bara två av dessa pucklar tydliga. Portrycksförändringarna förefaller att ske i stort sett momentant i samband med nederbörden. De två första nederbördsperioderna sammanfaller med förhöjda vattennivåer i älven. Det är dock inte sannolikt att älvnivåerna ger upphov till de nämnda förändringarna. Dels är Ä6 belägen längst från älven, dels ger inte liknande nivåförändringar i älven under slutet av perioden upphov till liknande portrycksförändringar.

Portrycksförändringar under medellånga perioder kan observeras när det gäller Ä1, Ä4, Ä6 och Ä2-2. De bedöms hänga samman med lite längre perioder med ökad nederbörd. Det förefaller som dessa kurvor är något förskjutna i tid så att Ä1 reagerar först, Ä6 ca 1 dygn senare och Ä4 och Ä2-2 ytterligare något dygn senare.

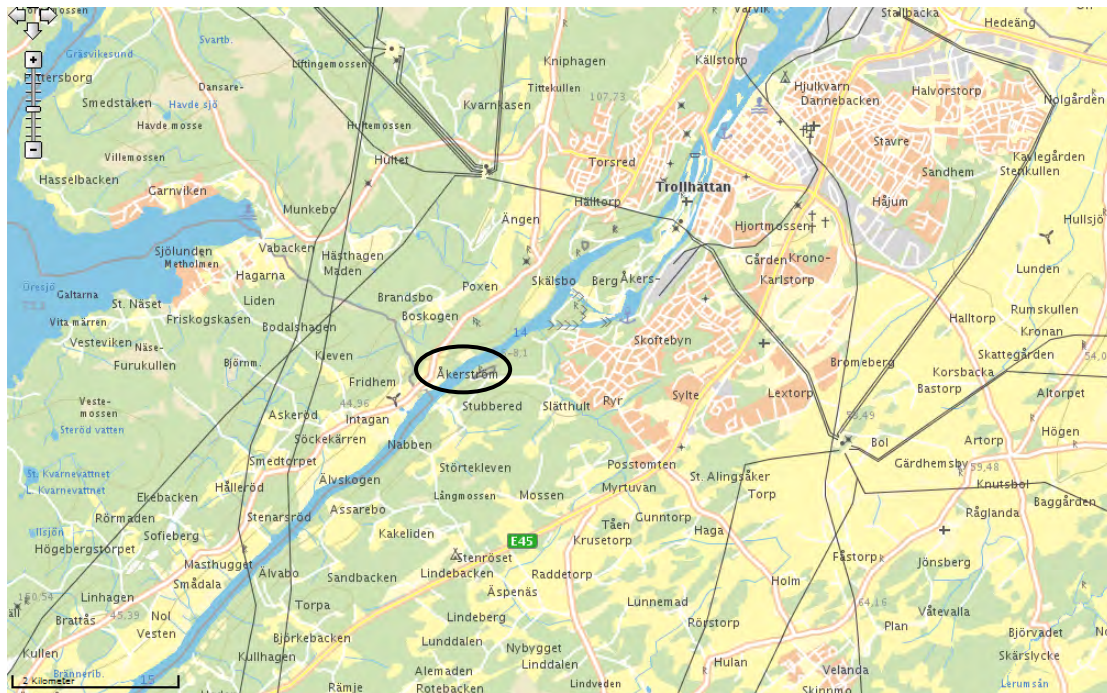
Ä2-3 uppvisar ett samband med nivåerna i Göta älv med portrycksvariationer i storleksordningen ett par cm. Ä7 har portrycksvariationer som är svåra att korrelera till förändringar i övriga mätpunkter.

Ä1, Ä4, Ä6, och i viss mån Ä7 uppvisar relativt regelbundna portrycksförändringar på någon cm eller två som skulle kunna vara "tidvatten", dvs. påverkan från solen och månen.

3 ÅKERSTRÖM

3.1 Lokalisering

Åkerström är beläget ca 3 km söder om Trollhättan. Läget framgår av Figur 12.

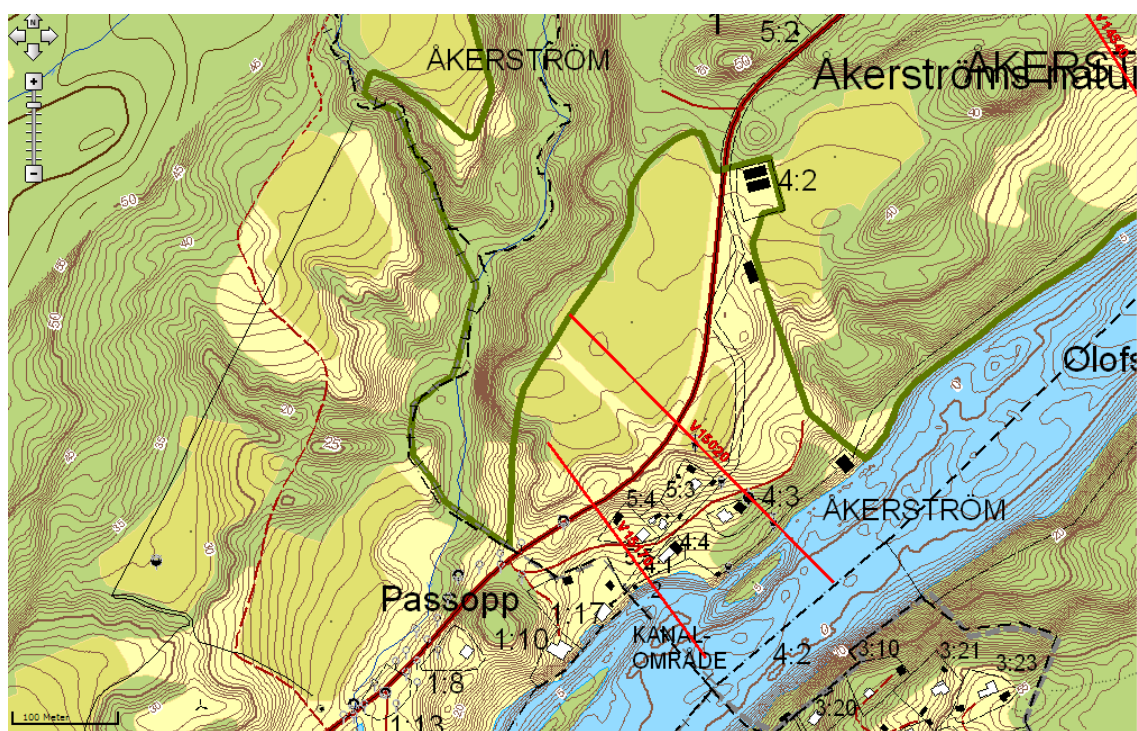


Figur 12. Läget av Åkerström (© Lantmäteriet MS2010/10049)

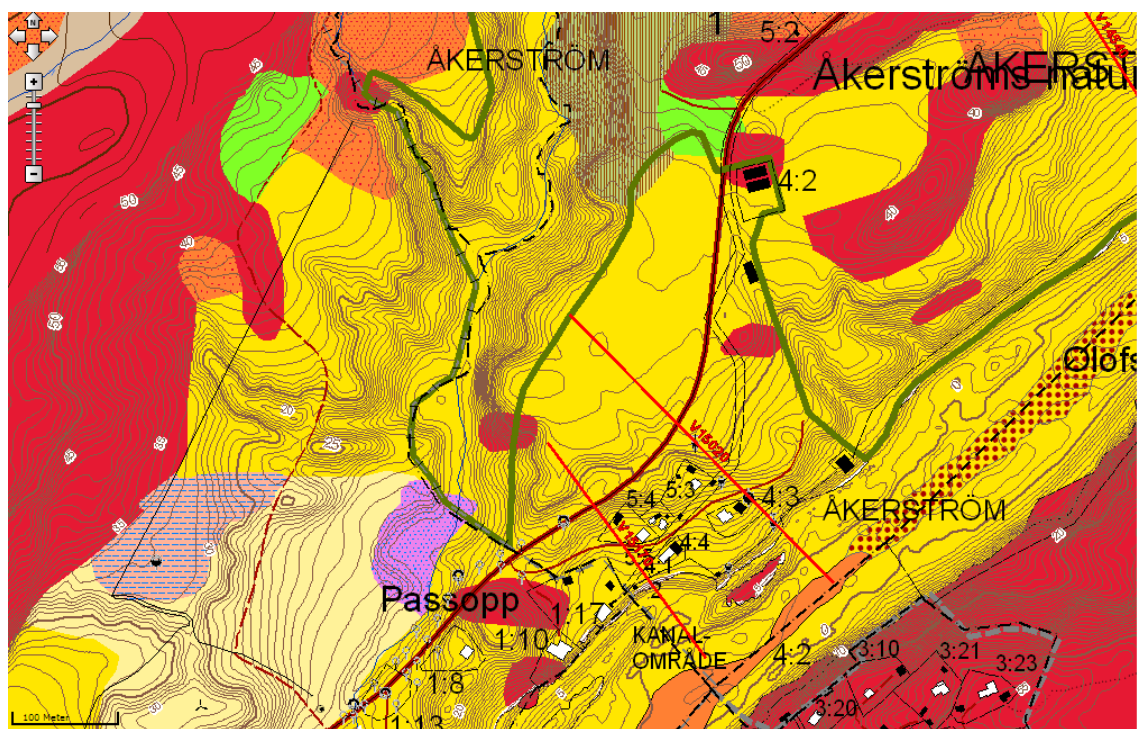
3.2 Topografiska och geologiska förhållanden

Området sluttar från nivåer på + 25 m ö.h. till + 30 m ö.h. i nordost ned mot älven som ligger på en nivå av ca +7 m ö.h. Se Figur 13. Nordväst om profilen skär en djup dalgång in.

Området består av glacial finlera. Den lilla ön i Göta älv strax söder om sektionen V15020 består dock av uppstickande berg (Se Figur 14). I övrigt är avståndet till berg i dagen över 100 m. Avståndet till större sammanhängande infiltrationsområde uppgår till mellan 300 och 400 m. De geologiska förhållandena framgår av Figur 14.



Figur 13. Topografiska förhållanden(© Lantmäteriet MS2010/10049)



Figur 14. Geologiska förhållanden(© Sveriges Geologiska Undersökning)

3.3 Utförda undersökningar

3.3.1 Sonderingar och porttrycksspetsar

CPT-sonderingar har utförts vid 19A1, 19A2, 19A3 (2 st.) och 19A4.

Trycksonderingar har utförts vid 19A4 (2 st.)

Porttrycksspetsar har satts vid 19A3 på nivåerna +22,0 m ö.h. och +18,0 m ö.h. samt vid 19A4 på nivåerna +5,2 m ö.h. och +1,2 m ö.h.

Läget av utförda undersökningar framgår av Figur 15.



Figur 15. Läget av utförda undersökningar (© Lantmäteriet MS2009/09509)

3.3.2 Mätningar av nederbörd och älvnivåer

Nederbörden har mätts vid Äsperöd. Dessutom har nederbörden beräknats av SMHI för den aktuella platsen.

Göta älvs vattennivå har mätts genom att en porttrycksmätare installerats i älven.

3.4 Resultat

3.4.1 Sonderingar

CPT-sonderingen närmast älven (19A4CK) är ca 7 m. Två trycksonderingar har utförts. Den ena ca 6 m till förmodat berg (19A4BK) Den andra är ca 5 m och har avbrutits utan stopp. Av sonderingarna att döma är ett eventuellt lager av friktionsmaterial under leran endast några decimeter.

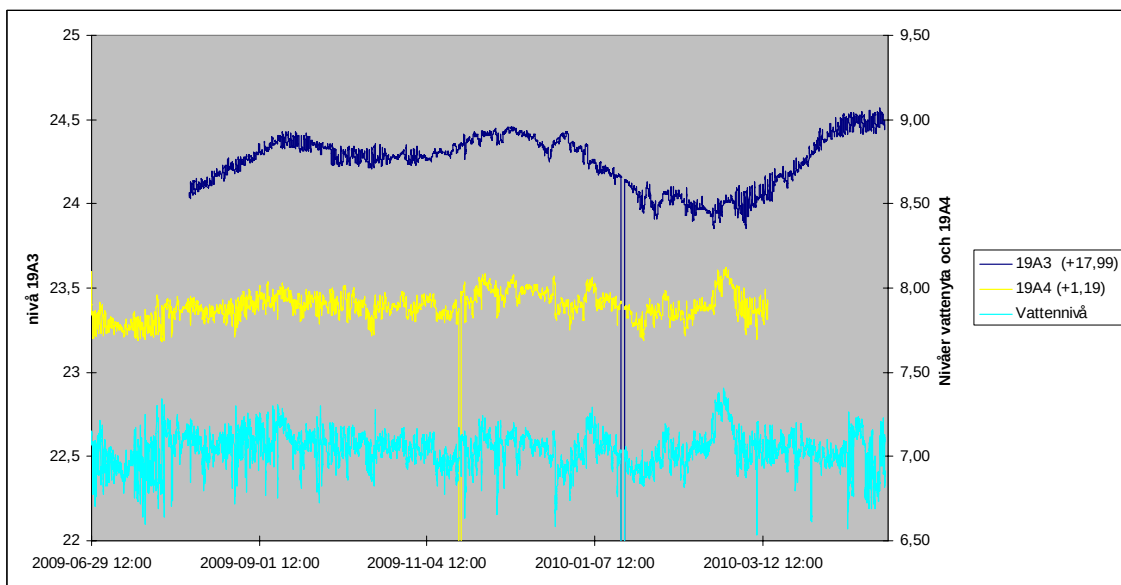
CPT-sonderingen vid 19A1 är ca 9,5 m. Även här bedöms ett eventuellt lager av friktionsmaterial under leran vara några decimeter.

CPT sonderingen vid 19A2 är ca 7,5 m. Något ökat spetstryck innan stopp kan inte noteras.

CPT-sonderingarna vid 19A3 är ca 12 m djupa. Inte heller här kan något ökat spetstryck innan stopp noteras.

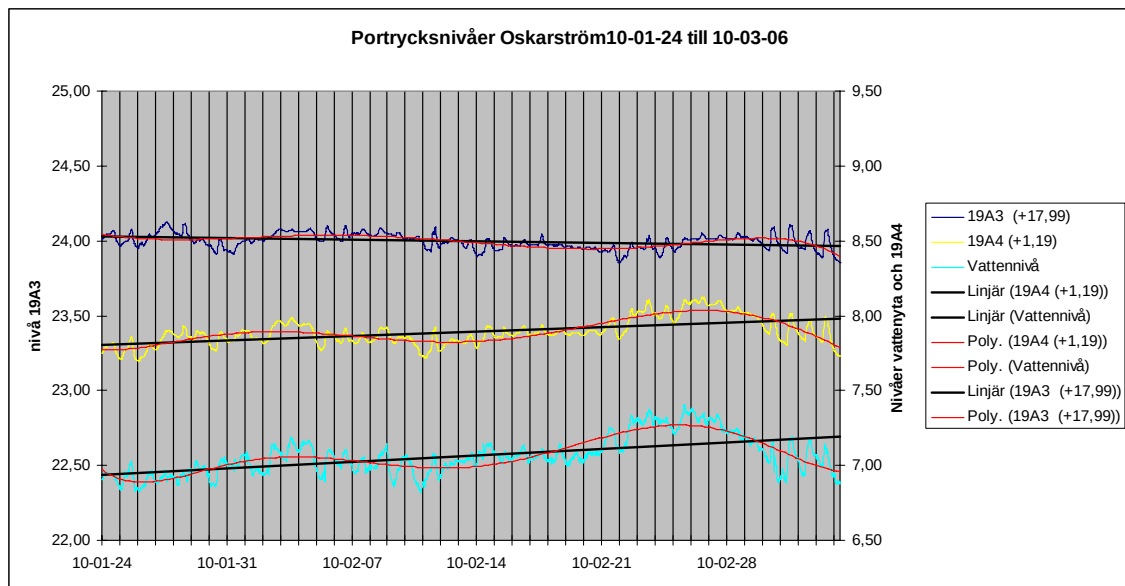
3.4.2 Portrycksmätningar och älvnivå

Portrycksnivån vid 19A3 vid nivån 17,99 m ö.h. varierar mellan ca +23,9 m ö.h. och +24,6 m ö.h. Man kan notera en tydlig sänkning av portrycksnivån under december till och med februari då medeltemperaturen legat konstant under 0 grader och nederbörden fallit som snö. Under mars och april har en återhämtning skett. Portrycksnivån i 19A4 vid nivån +1,19 m ö.h. varierar mellan ca +7,7 m ö.h. och +8,1 m ö.h. Någon avsänkning under vinterperioden kan inte noteras. Älvens nivå under perioden varierade mellan ca +6,6 m ö.h. och 7,4 m ö.h. Nivåvariationerna framgår av Figur 16.



Figur 16. Portrycksnivåer, 19A3 (+17,99), 19A4 (+1,19) samt nivån i Göta älv. Observera de olika skalorna.

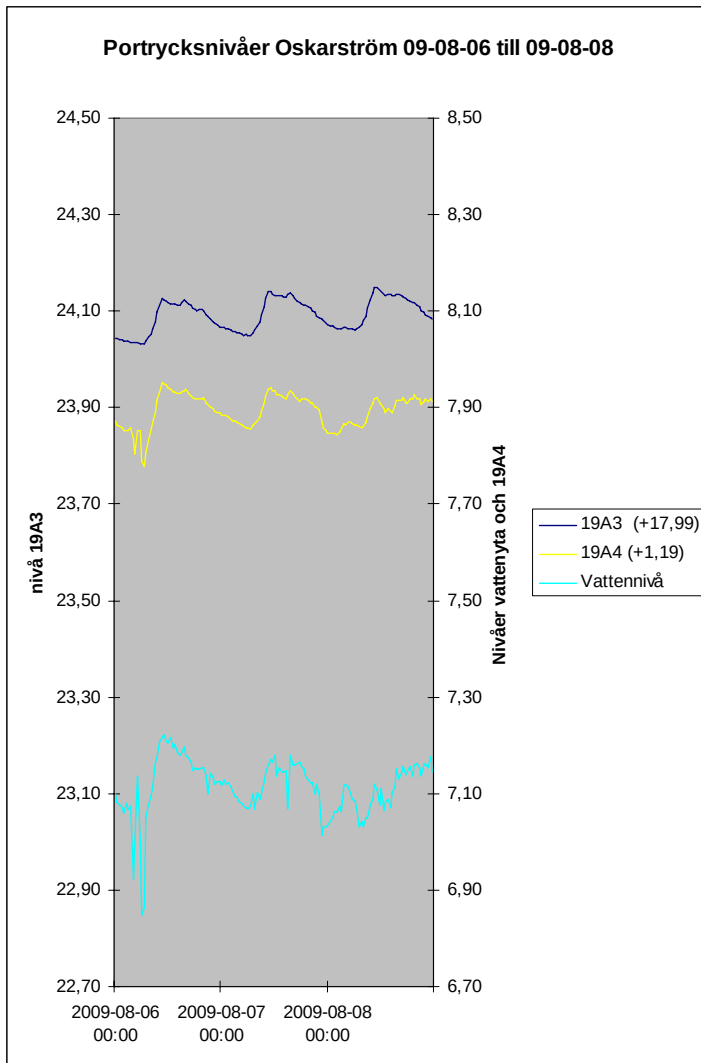
Portrycksnivåerna har studerats noggrannare under perioden 2010-01-24 till 2010-03-06. Portrycksnivåerna för perioden framgår av Figur 17. Av figuren framgår att portrycken samvarierar med älvens nivå både vid 19A3 och vid 19A4.



Figur 17. Portrycksnivåer för perioden 2010-01-24 till 2010-03-06.

I Figur 17 har också trendlinjer lagts in, del linjära, dels sjättegradspolynom. Medan 19A4 har en stigande nivå som överensstämmer med nivån i Göta älv har 19A3 en svagt sjunkande trend som sannolikt beror på att ingen grindvattenbildning skett på grund av medeltemperaturer under noll. Något mera långsiktiga förändringar av älvnivån av storleksordningen någon vecka tycks inte medföra lika stora portrycksförändringar i 19A3 som i 19A4.

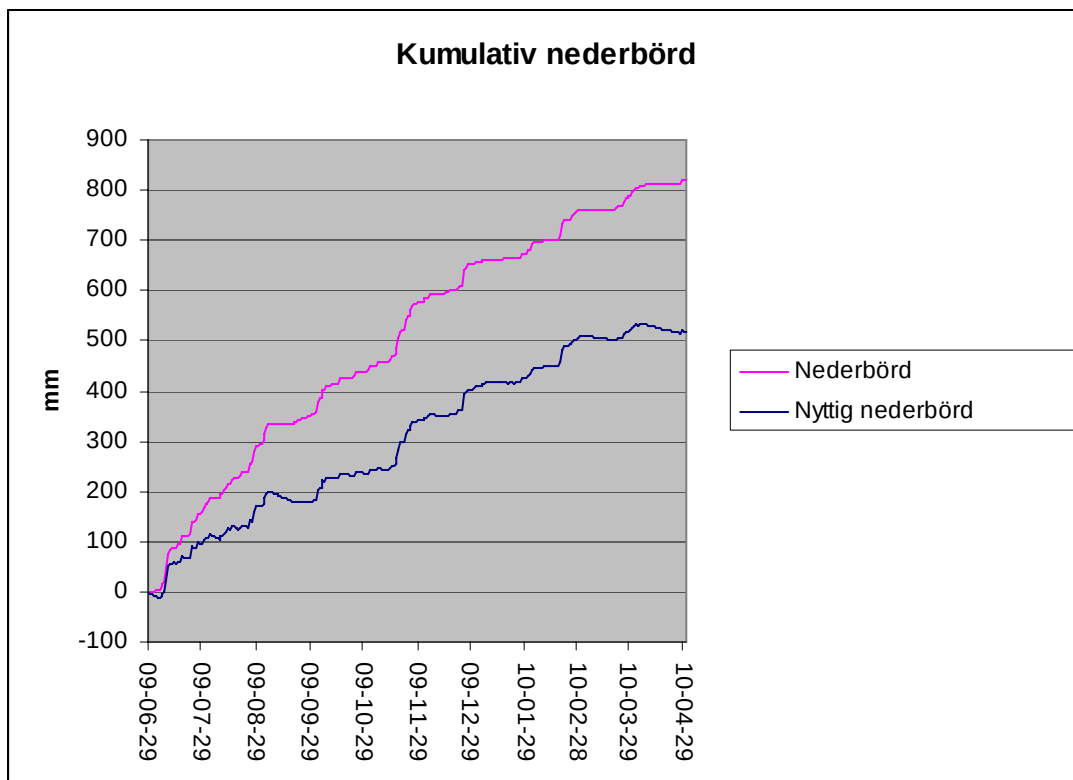
I Figur 18 redovisas portrycken under tre dagar i augusti 2009. Av figuren framgår den tydliga samvariationen mellan portryck och älvens nivå, och att nivåförändringarna vid 19A3 och 19A4 på grund av nivåförändringarna i älven sker mer eller mindre momentant.



Figur 18. Nivåvariationer i älven, i 19A3 med portrycksspetsen på nivån +17,99 m ö.h. och 19A4 med portrycksspetsen på nivån +1,19 m ö.h.

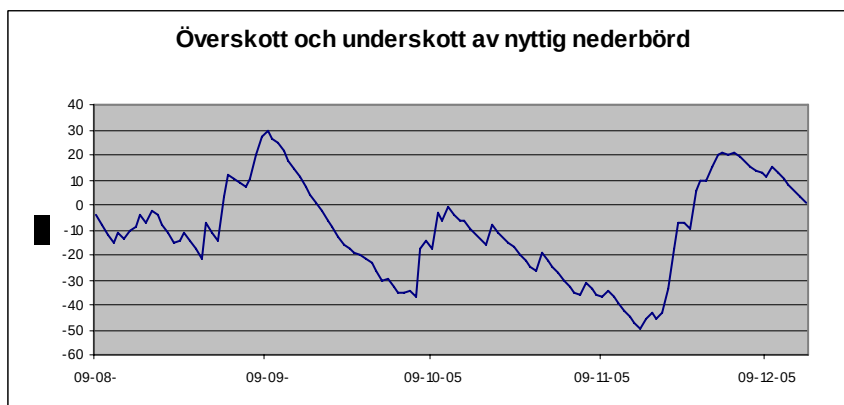
3.4.3 Nederbörd

Den kumulativa nederbörden, baserade på beräkningar av SMHI, redovisas i Figur 19. Där redovisas också kumulativ, nyttig nederbörd beräknad enligt avsnitt 2.4.3. Vid en jämförelse med portrycksnivån vid 19A3 finns en någorlunda samvariation under september till och med november. Eftersom någon hänsyn till snölagring inte tagits vid beräkningen av den nyttiga nederbörden kan man inte förvänta sig en samvariation under den tid då nederbörden faller som snö.

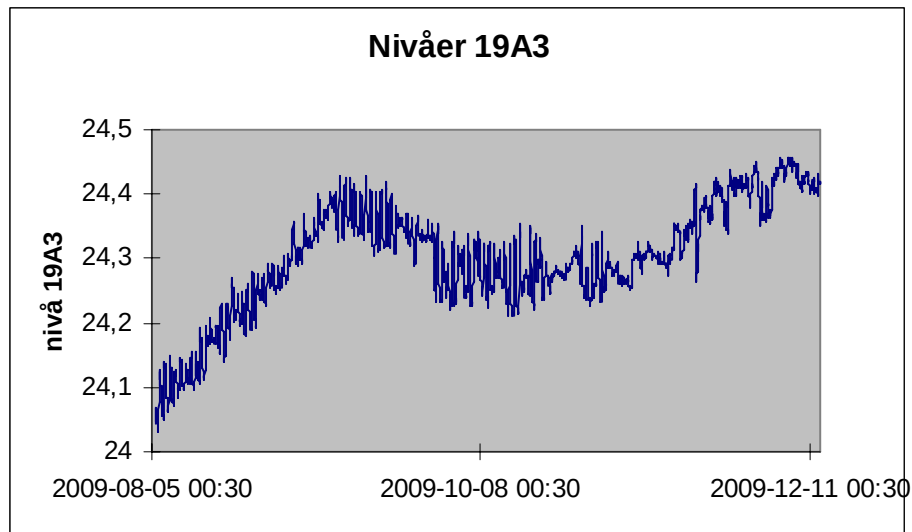


Figur 19. Kumulativ nederbörd

I Figur 20 redovisas överskott och underskott i förhållande till den nyttiga nederbördens medelvärde under perioden 2009-08-05 till 2009-12-12. Nivåvariationerna i 19A3 redovisas i Figur 21.



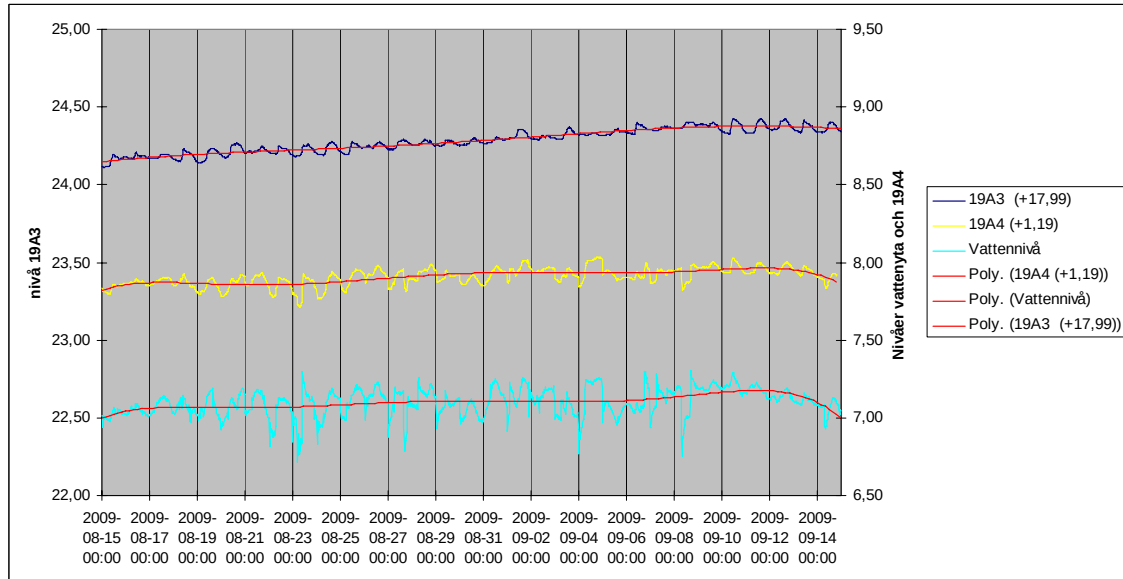
Figur 20. Överskott och underskott av nyttig nederbörd i förhållande till medelnederbörden under perioden 2009-08-05 till 2009-12-12.



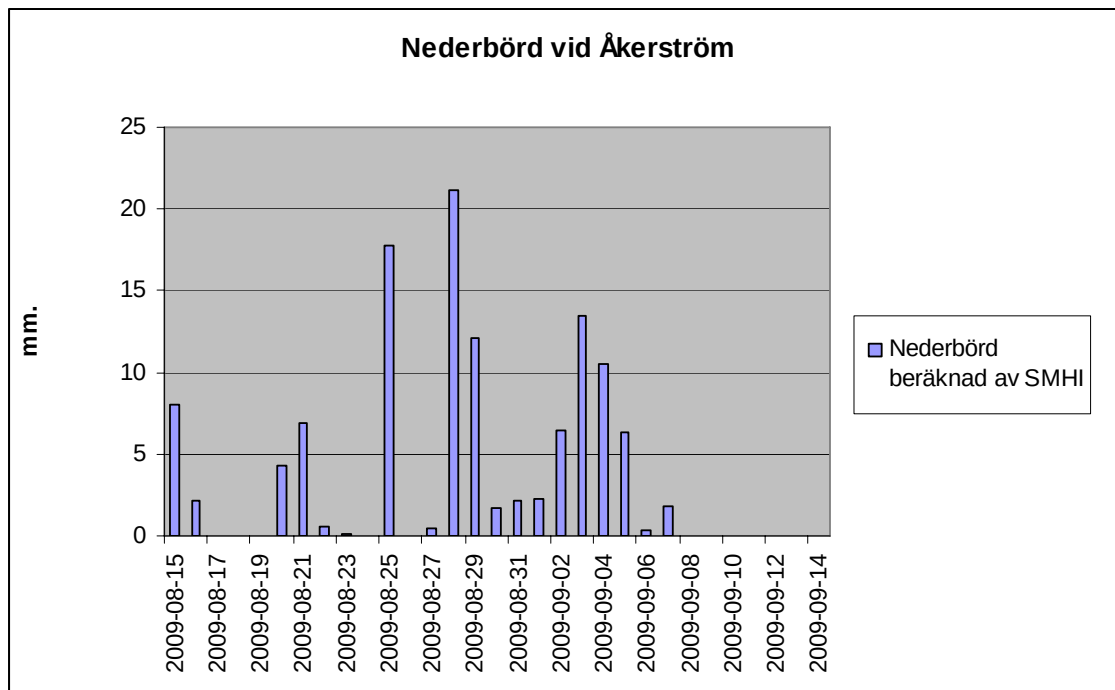
Figur 21. Nivåvariationer i 19A3 under perioden 2009-08-05 till 2009-12-12.

De två kurvorna i Figur 20 och Figur 21 uppvisar vissa likheter, en topp i början och en i slutet av perioden. Den mellersta toppen i Figur 20 saknas dock nästan helt i Figur 21 och sambandet får betecknas som svagt.

För att undersöka portrycksvariationer orsakade av regn har den regnrika perioden 15 augusti till och med 14 september 2009 studerats. Portrycksnivåerna under perioden redovisas i Figur 22 och nederbörden i Figur 23.



Figur 22 Portrycksförändringar i Åkerström under perioden 15 augusti till och med 14 september 2009.



Figur 23 Nederbörden vid Åkerström under perioden 15 augusti till och med 14 september 2009.

Trots att nederbörden under perioden uppgick till drygt 100 mm går det inte att urskilja några förändringar av portrycksnivåerna till följd av nederbörden i Figur 22.

4 SAMMANFATTANDE SLUTSATSER

4.1 Sammanfattning av resultat

- De högsta portrycksnivåerna och de största nivåvariationerna återfinns i de västra delarna av undersökta sektioner, dvs. längst bort från älven.
- Grundvattenströmningen sker i huvudsak från höjdområdena i väster i riktning mot älven.
- Gradienterna vid Äsperöd är nedåtriktade, med undantag för de undre jordlagren närmast älven där gradienten är uppåtriktad. Förhållandena indikerar ett dränerande lager på nivån ca -25 m.
- I Åkerström är gradienten nedåtriktad i 19A3 och uppåtriktad närmast älven vid 19A4.
- Nivåvariationerna sammanfaller väl med den nyttiga nederbörden både när det gäller årstidsbundna variationer och variationer mellan regnrika och regnfattiga perioder.
- Vid Äsperöd kan årstidsvariationerna uppgå till ca 2 m. Nivåskillnader på grund av regnrika och regnfattiga perioder, med en varaktighet från några dagar till några veckor, är vanligen några decimeter stora.

- Vid Åkerström uppgår årstidsvariationen i 19A3 till ca 0,7 m medan årstidsvariationerna vid 19A4 närmast älven är svåra att urskilja. Några variationer till följd av kortare, regnrika perioder kan inte urskiljas.
- Vid Äsperöd påverkar älvens nivå portrycken, åtminstone i de mätare som ligger närmast älven, men variationerna uppgår endast till några centimeter.
- Vid Åkerström är samvariationen mellan älvens nivå och portrycken mycket tydlig. Nivåvariationerna i Göta älv uppgår här vanligen till omkring en halv meter. I 19A4 varierar portrycksnivåerna på grund av älvnivån omkring 3 till 4 decimeter och i 19A3 omkring 2 decimeter.
- Portrycksmätarna i punkterna 19A3 och 19A4 reagerar i princip samtidigt. Tidskillnader rör sig snarare om en eller ett par timmar för variationer beroende på älvnivån. För portrycksvariationer beroende på kortare perioder med riklig nederbörd, bedöms tidskillnaderna till storleksordningen 1 till 2 dygn.
- Uppmätt nederbörd i nederbördsmatern i Äsperöd stämmer väl överens med de värden på nederbörden som erhållits från SMHI.

4.2 Diskussion

Portrycksnivåerna påverkas av såväl av årstidsbundna variationer som av kortvariga perioder med riklig nederbörd. Det är de årstidsbundna variationerna som är störst och därför bör dessa ligga till grund vid prognostisering av portrycksnivåer.

Vid en första anblick förefaller variationen av portrycksnivåerna på grund av regn vara obetydlig nära älven. Detta stämmer dock inte för Ä3-1. Ä7 har en flack kurva under perioden december till och med mitten av juli, men uppvisar ungefär samma nivåvariation som t ex Ä3-1 eller Ä4 under september och oktober. Det finns två kurvor som inte uppvisar nämnvärda variationer på grund av regn, Ä2-3 i Äsperöd och 19A4 vid Åkerström. Ä2-3 är belägen i eller invid ett skikt som kan vara dränerande och 19A4 har sannolikt kontakt med Göta älv. Det är sannolikt inte närheten till älven i sig som är avgörande, utan graden av hydraulisk kontakt med älven.

De tryckvariationer som älvens nivåvariationer ger upphov till är störst närmast älven och avtar med avståndet från älven. Det är rimligt att anta att variationerna i älven inte påverkar trycknivåerna där skiktet övergår i en öppen akvifär vid övergången mot moränområdena i väster. För ett skikt med god kontakt med älven bedöms variationerna således bli lika älvens alldeles intill älven och noll vid övergången till moränen. Där emellan bedöms storleken på variationerna i princip kunna interpoleras rätlinjigt. I skikt som är skilda från hydraulisk kontakt med älven skulle variationer i älvens nivå till viss del kunna påverka portrycket genom att en högre vattennivå medför en större last på de underliggande jordlagren.

Gradienterna tycks i övrigt följa det vanliga mönstret från dalgångar, dvs. inströmningsområde och nedåtriktad gradient i högre områden och utströmningsområde och uppåtriktad gradient i lägre områden, nära dalgångens mitt. Gradienterna mellan mätpunkter på olika avstånd från älven är ca 5 gånger större vid Åkerström än vid Äsperöd. Det kan hänga samman med de topografiska förhållandena, men sannolikt är transmissiviteten i friktionsmaterialet större vid Äsperöd än vid Åkerström.

4.3 Förslag till uppföljningar

Förnyade mätningar närmast älven vid Äsperöd för att kontrollera gradienterna inklusive mätningar i Ä8.

Kontroll av funktionen vid Ä2-3.

Kontroll av eventuella utflöden i slänten mot älven för att förklara vart vattnet från ett dränerande lager vid Ä2-3 kan ta vägen. Utflöde har tidigare observerats, men inte undersökts närmare.

Kompletterande mätningar i befintliga brunnar vid tillrinningsområdena till grundvattnet under leran.

Undersökningar med provtagning för att bättre kunna beskriva ler- och siltlagrens egenskaper.

5 BILAGOR

5.1 Röldata Äsperöd

Rör	RÖK Rörlängd	RUK	MY	Sond	Sond m.u.my.
Ä5		15,50	+18,44	15,64	2,8
Ä6	+19,04 6,9	+12,14	+18,44	+12,28	6,16
GW1					
Ä1	+17,00	+9,30	+16,39	9,44	6,95
Ä2	+17,58	+5,28	+16,38	5,42	10,96
Ä3	+16,85	+0,78	+16,35	0,92	15,43
Ä4		-1,69 +16,33		-1,55 17,8	8
Ä2-1		+1,47	+16,30	+161	14,69
Ä2-2		-0,51 +16,29		-0,37 16,6	6
GW2					
Ä7	+14,80	+5,53	+13,64	5,67	7,97
Ä8		-7,61 +13,66		-7,47 21,1	3
Ä2-3	+14,50	-23,80 +13,63		-23,66 37,2	9
Ä3-1		-35,37		-35,23	

Göta älvutredningen, GÄU delrapporter 1-34

- 1 Erosionsförhållanden i Göta älv
- 2 Fördjupningsstudie om erosion i vattendrag
- 3 Hydrodynamisk modell för Göta älv. Underlag för analys av vattennivåer, strömhastigheter och botten-skjuvspänningar
- 4 Transport av suspenderat material i Göta älv
- 5 Ytgeologisk undersökning med backscatter - Analys för Göta älv och Nordre älv
- 6 Bottenförhållanden i Göta älv
- 7 Bedömning av grundvattenförhållanden för slänter längs Göta älv - Allmän vägledning
- 8 Känslighetsanalys för variationer i grundvattennivå och val av maximala portryck i slänter längs Göta älv – Exempel från en slänt
- 9 Bedömd förändring av maximala grundvattennivåer i Göta älvdalen till följd av förändrat klimat
- 10 Studie av portryckens påverkan från nederbörd och vattenståndsvariation i tre slänter längs Göta älv
- 11 Analys av uppmätta portryck i slänterna vid Äsperöd och Åkerström
- 12 Metodik för inventering och värdering av konsekvenser till följd av skred i Göta älvdalen
- 13 Metodik konsekvensbedömning - Känslighetsanalys, klassindelning och applicering av metodik i hela utredningsområdet
- 14 Metodik konsekvensbedömning - Bebyggelse
- 15 Metodik konsekvensbedömning - Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv
- 16 Metodik konsekvensbedömning - Sjöfart
- 17 Metodik konsekvensbedömning - Väg
- 18 Metodik konsekvensbedömning - Järnväg
- 19 Metodik konsekvensbedömning - Miljöfarliga verksamheter och förorenade områden
- 20 Metodik konsekvensbedömning - Naturmiljö
- 21 Metodik konsekvensbedömning - Energi och ledningsnät
- 22 Metodik konsekvensbedömning - VA-system
- 23 Metodik konsekvensbedömning - Näringsliv
- 24 Metodik konsekvensbedömning - Kulturarv
- 25 Metodik konsekvensbedömning - Känslighetsanalyser
- 26 Metodik konsekvensbedömning - Bebyggelse och kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv - Fallstudie Ale kommun
- 27 Hydrologiska och meteorologiska förhållanden i Göta älvdalen
- 28 Metodbeskrivning sannolikhet för skred: kvantitativ beräkningsmodell
- 29 Kartering av kvicklereförekomst för skredriskanalyser inom Göta älvutredningen. Utvärdering av föreslagen metod samt preliminära riktlinjer
- 30 Quick clay mapping by resistivity – Surface resistivity, CPTU-R and chemistry to complement other geotechnical sounding and sampling
- 31 Inverkan av förändringar i porvattnets kemi, främst salturlakning, på naturlig leras geotekniska egenskaper – Litteraturstudie
- 32 Hantering av kvicklereförekomst vid stabilitetsbedömning för Göta älv – Riktlinjer
- 33 Metodbeskrivning för SGI:s 200 mm diameter "block-provtagare" - Ostörd provtagning i finkornig jord
- 34 Sjömätning - Göta älv och Nordre älv



Statens geotekniska institut
Swedish Geotechnical Institute
SE-581 93 Linköping, Sweden
Tel: 013-20 18 00, Int + 46 13 201800
Fax: 013-20 19 14, Int + 46 13 201914
E-mail: sgi@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se