

PM

Datum:
2025-12-08

Diarienummer:
314-163/2025

Handläggare:

Michelle Nygren, Elin Norström, Gustav Sohlenius

Effekter på grundvattennivåer i omgivande mark efter våtmarksåtgärd – preliminär utvärdering av grundvattenmätningar från tre restaureerade våtmarker

Inledning

I detta PM görs en översiktlig utvärdering av effekten på hydrologisk dynamik efter våtmarksrestauration vid tre våtmarkslokaler som har restaurerats. Ytterligare två lokaler som inte har restaurerats fungerar som referenser. Utvärderingen baseras på grundvattennivådata som uppmätts i - och i anslutning till - våtmarkerna under cirka ett år efter och ett år före restaurering.

Två av lokalerna är belägna i Västra Götaland, varav en är referenslokal. Mätningarna av grundvattennivåer vid dessa lokaler innefattar totalt 6 mätstationer (grundvattenrör + mätutrustning). SGU har ansvarat för mätningarna, via finansiering från Naturvårdsverket. Borås Stad är markägare och har genomfört återvätningen.

Tre av lokalerna är belägna i Östergötland, varav en referenslokal. Både mätningar av grundvattennivåer (11 mätstationer) och återvätning vid dessa lokaler har genomförts och finansierats av Länsstyrelsen i Östergötland. SGU deltog initialt vid planeringen av grundvattenuppföljningen, gjorde ett fältbesök, och bidrog med rekommendationer bland annat gällande rörens placering och förväntad effekt på omgivande mark (SGU-PM, 2021).

Utvärderingen av grundvattendata från dessa mätstationer utgår delvis från metoder som beskrivs i Ringstam (2025), som inom ett masterarbete studerade resultat från lokalerna i Östergötland. Utvärderingen ger indikationer på att av återvätning kan ge högre grundvattennivåer, men visar också på en del motsägelsefulla resultat vilka tyder på att effekten

troligen varierar, bland annat beroende på geologi och markförhållanden (Thorsbrink m.fl. 2019, Forsgård m.fl. 2022).

Mer djuplodande analyser och modeller skulle ge en mer tillförlitlig bild av hur den hydrologiska dynamiken påverkas av återvätning. En sådan analys skulle med fördel innefatta längre mätserier som gärna börjar minst två år innan återvätning, samt även inkluderar mer detaljerad information om markförhållanden och ytvattenflöden.

Kort presentation av lokalerna

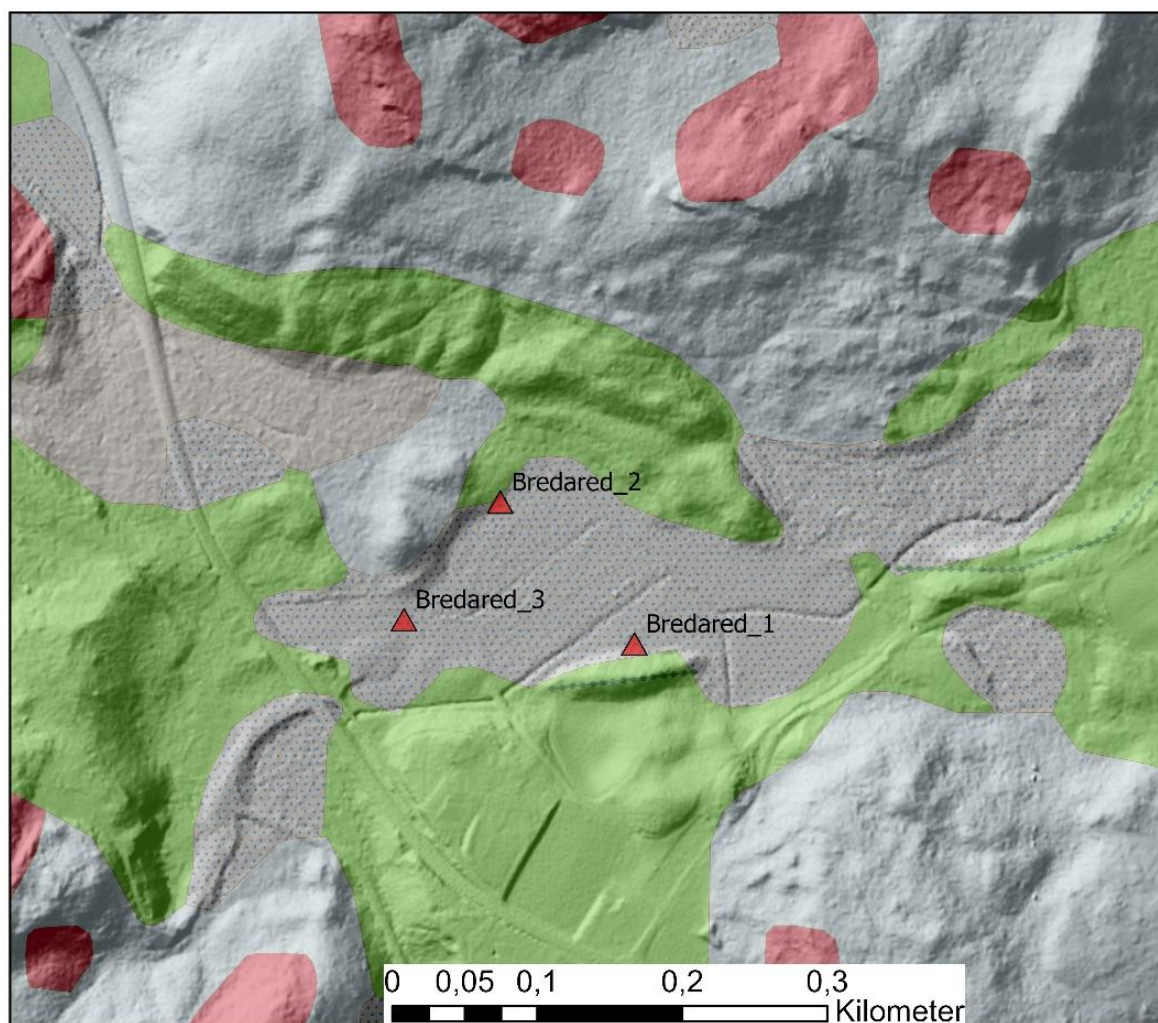
Bredared och Kråkered, Västra Götaland

I Kråkered, söder om Borås, återfinns en av de lokaler som har restaurerats, och i Bredared, norr om Borås återfinns referenslokalen med de tre grundvattenstationer som utgör kontrollen (Figur 1 och 2). Bredareds stationer är installerade i ett öppet magasin i silt, och Kråkereds stationer i ett öppet magasin i sand. Silten och sanden överlagras delvis av torv. Mätstationerna Kråkered_1, samt Bredared_1 och _2 är placerade i kärrtorv, de senare två troligen med underlagrande isälvsmaterial. Kråkered_2 och _3, samt Bredared_2, är placerade direkt i isälvsediment.

Vålberga, Örbacken och Kärnskogsmossen, Östergötland

I Östergötland återfinns tre grundvattenstationer i Vålberga, referenslokalen som utgör kontrollen (figur 3). De restaurerade lokalerna utgörs av Örbacken (figur 4) och Kärnskogsmossen (figur 5). Dessa har 3 respektive 4 installerade grundvattenstationer vardera.

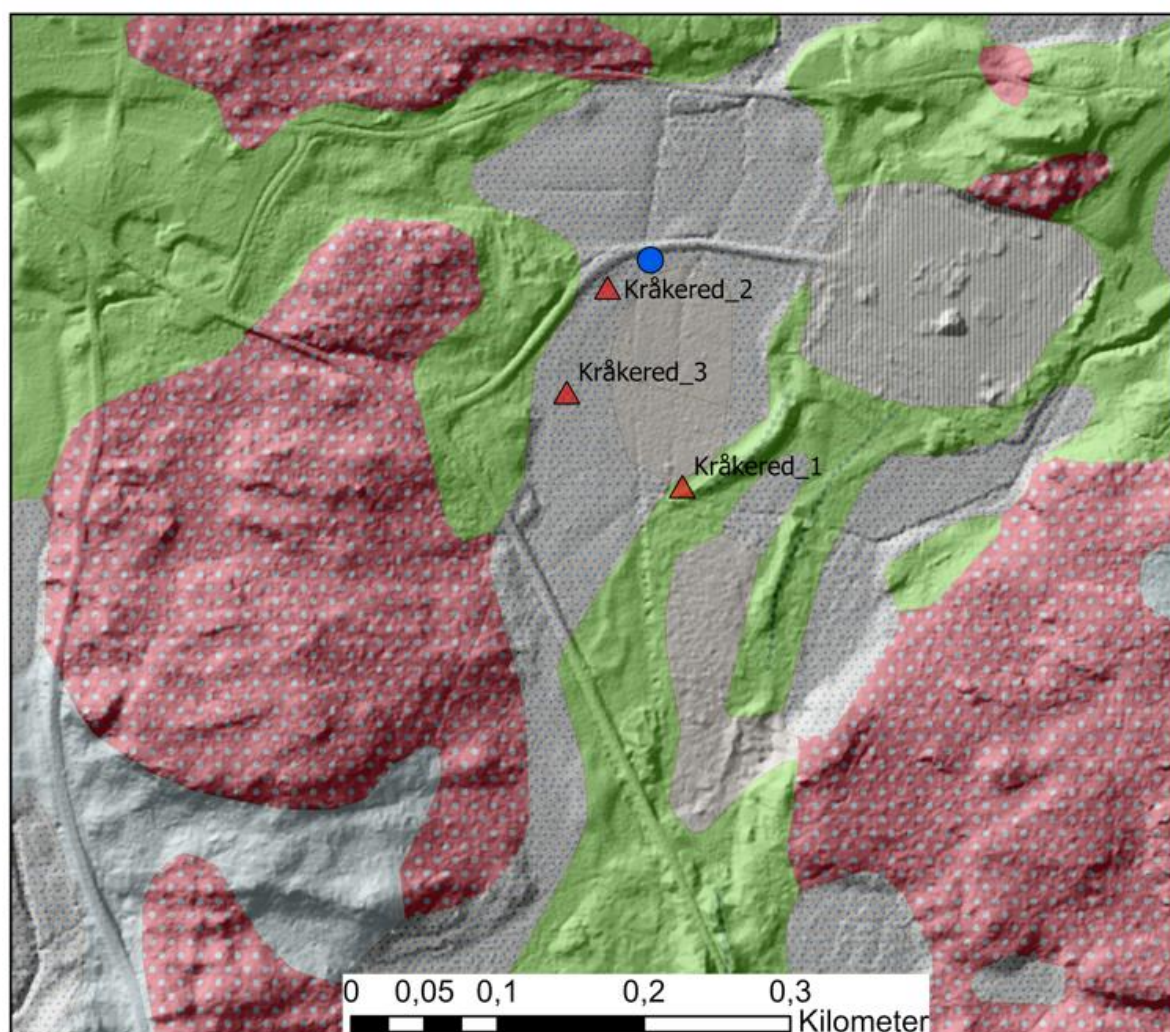
Jordarterna vid Vålberga_1 och _2 består av glacial lera, och vid Vålberga_3 mossetorv. Örbackens grundvattenstationer är placerade i postglacial sand, och Kärnskogsmossens grundvattenstationer i isälvsmaterial (en ås), förutom Kärnskogsmossen_2 som är placerad i sandig morän. SGU har ingen detaljerad hydrologisk information om dessa grundvattenmagasin i tillgängliga databaser.



Jordart, grundlager

- Mossetorv
- Kärrtorv
- Isälvssediment
- Sandig morän
- Urberg

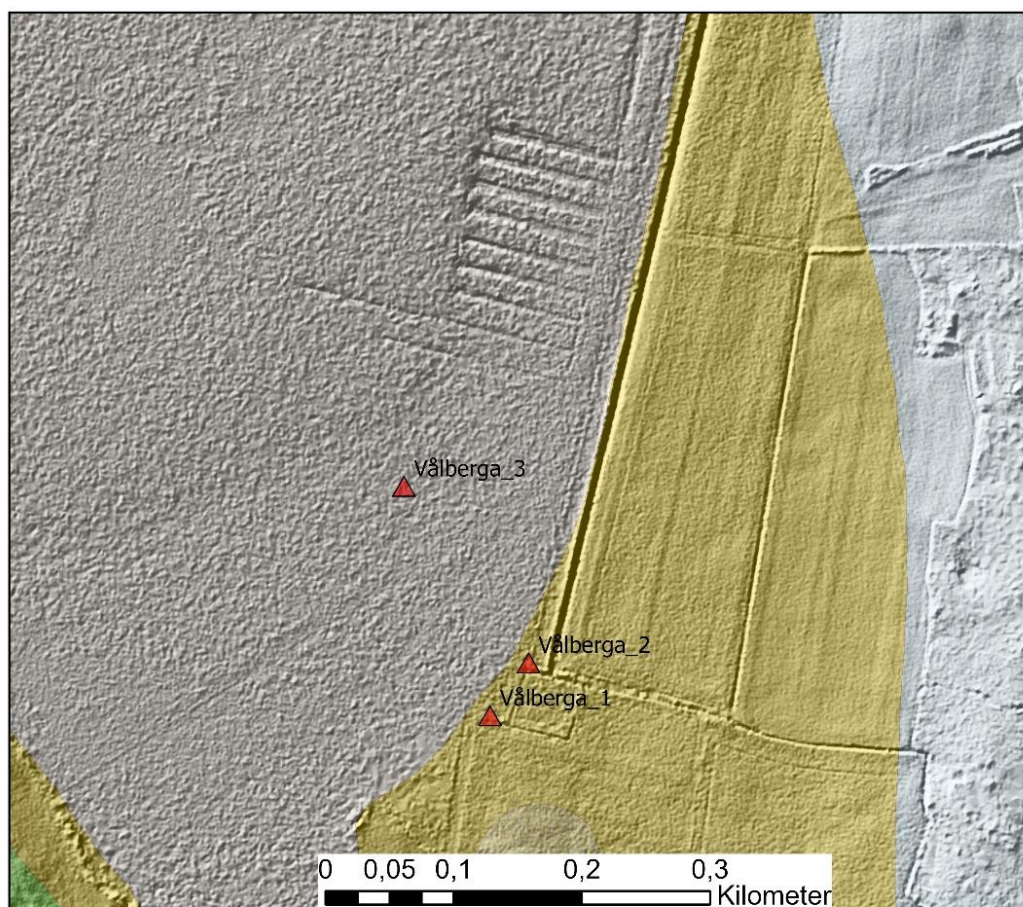
Figur 1: Översiktskarta som visar referenslokalen i Bredared, Västra Götaland. Jordarter (SGU:s jordartskarta 1:25 000) plottat på Lantmäteriets Höjdmodell. Mätstationer/grundvattenrör är indikerade med röda trianglar.



Jordart, grundlager

- Mossetorv
- Kärrtorv
- Isälvssediment
- Sandig morän
- Urberg
- Fyllning

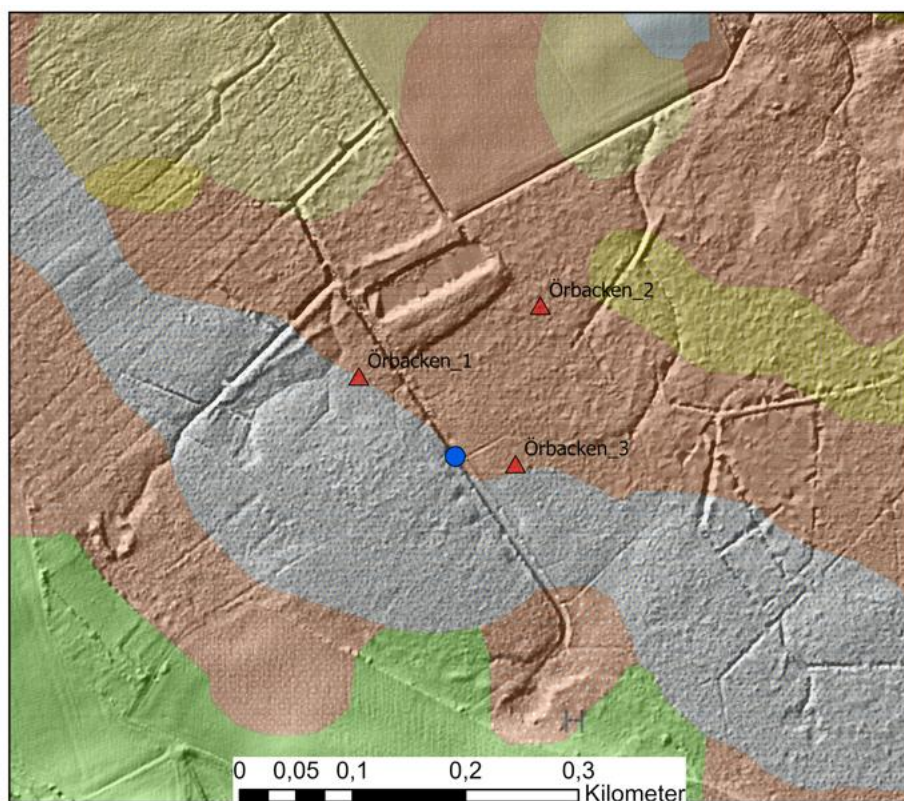
Figur 2: Översiktskarta som visar den restaurerade lokalen Kråkered, Västra Götaland. Jordarter (SGU:s jordartskarta 1:25 000) plottat på Lantmäteriets Höjdmodell. Mätstationer/grundvattenrör är indikerade med röda trianglar. Blå punkt visar dämmets placering.



Jordart, grundlager

	Mossetorv
	Postglacial silt
	Glacial lera
	Isälvssediment
	Sandig morän

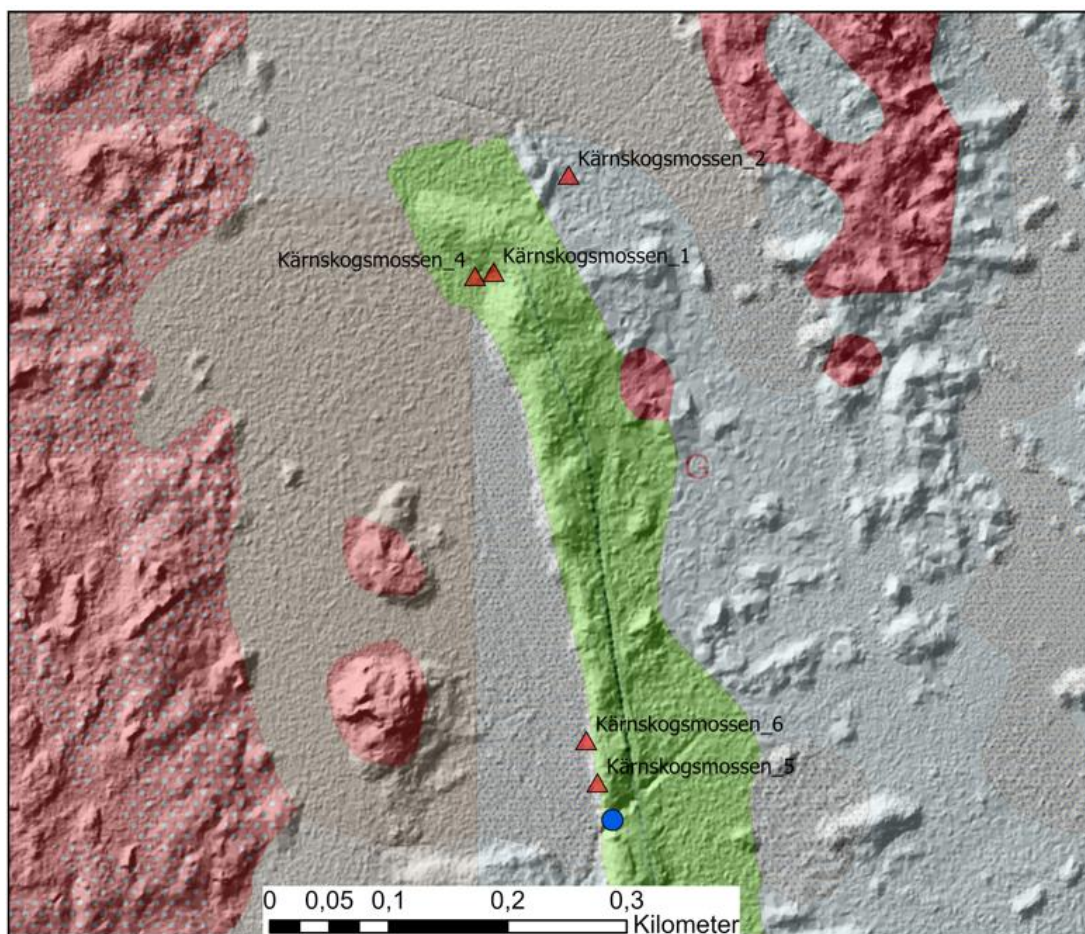
Figur 3: Översiktskarta som visar referenslokalen Vålberga, Östergötland. Jordarter (SGU:s jordartskarta 1:25000) plottat på Lantmäteriets Höjdmodell. Mätstationer/grundvattenrör är indikerade med röda trianglar.



Jordart, grundlager

-  Kärrtorv
-  Postglacial silt
-  Postglacial finsand
-  Postglacial sand
-  Svallsediment, grus
-  Glacial lera
-  Glacial silt
-  Isälvssediment
-  Lerig morän

Figur 4: Översiktskarta som visar den restaurerade lokalen Örbacken, Östergötland. Jordarter (SGU:s jordartskarta 1:25 000) plottat på Lantmäteriets Höjdmodell. Mätstationer/grundvattenrör är indikerade med röda trianglar.



Jordart, grundlager

- Torv
- Mossetorv
- Kärrtorv
- Silt
- Isälvssediment
- Sandig morän
- Berg

Figur 5: Översiktskarta som visar den restaurerade lokalen Kärnskogsmossen, Östergötland. Jordarter (SGU:s jordartskarta 1:25 000) plottat på Lantmäteriets Höjdmodell. Mätstationer/grundvattenrör är indikerade med röda trianglar. Blå punkt visar dämmets placering.

Metodik

Den statistiska analysen följer i stort sett den analys som beskrivs i Ringstam (2025). Skillnaden är att denna analys utgår från *samtliga* uppmätta värden, och inte dagliga medelvärden, om inget annat anges.

Tidsserieanalys

Figur 6 visar samtliga tidsserier av grundvattennivåer som använts i analysen. En lokal i vardera län, Bredared och Vålberga, utgör kontrollen och har alltså inte återväts. För enkelhetens skull benämns dock jämförelser mellan första och andra perioden som *före och efter återvätning*, även för kontrollokaler. För att kunna jämföra grundvattennivåddynamik före och efter återvätning, utan bias på grund av olika längd på tidsserierna eller årstid, har den kortaste tidsserien för varje lokal definierat perioden för jämförelsen. För Bredared har samma perioder använts som för Kråkered, och för Vålberga har samma perioder använts som för Örbacken.

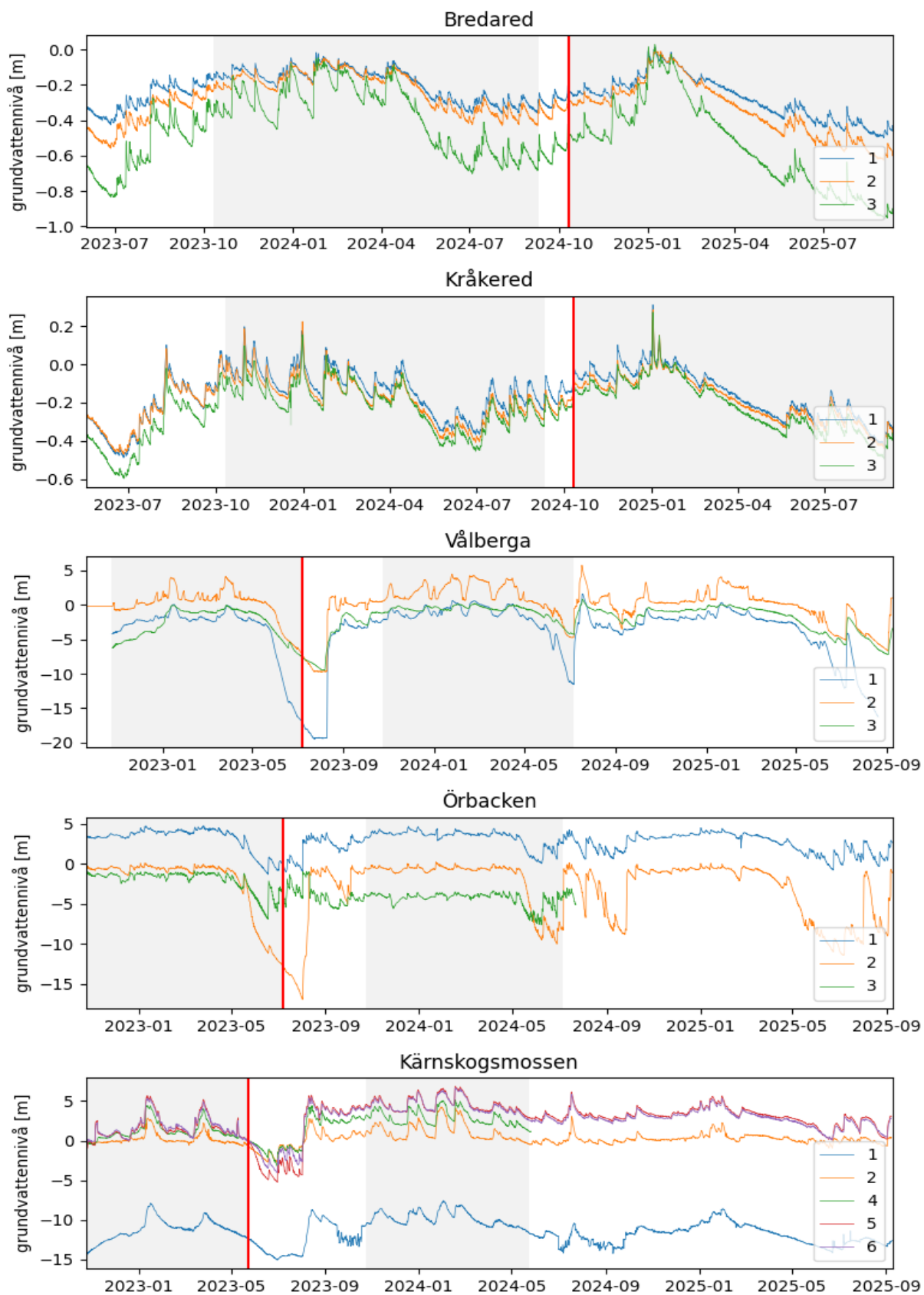
Resultat

Tidsserieanalys – median och spridning före och efter återvätning

Skillnaden i observerad grundvattennivå före och efter återvätning (figur 7) är statistiskt signifikant för samtliga lokaler och stationer, med ett p-värde < 0.001 , förutom för Kråkered_2 där p-värdet är 0.003. För motsvarande period är skillnaden i daglig nederbörd statistiskt signifikant för lokalerna i Västra Götaland ($p < 0.001$) och för Örbacken ($p < 0.05$).

I Bredared (kontroll) och Kråkered är grundvattennivåernas median och spridning lägre efter återvätning för samtliga stationer, vilket speglar minskningen i nederbörd för motsvarande period (figur 7). I kontrollokalen Bredared är nivåerna dock ännu lite lägre efter återvätning.

I Örbacken syns samma mönster med lägre mediannivå och lägre spridning efter återvätning, trots mer nederbörd. I Vålberga (kontroll) och Kärnskogsmossen är mediannivån för lokalerna istället högre efter återvätning, och i Kärnskogsmossen är spridningen av nivåerna större. I Vålberga (kontroll) är denna ökning förmodligen en reflektion av stationen Vålberga_3, snarare än en representation av alla mätstationer, som ser en relativt stor ökning i perioden efter återvätning. I Kärnskogsmossen är dock ökningen mer jämnt fördelad mellan de fem stationerna, förutom för Kärnskogsmossen_1 som ser en liten minskning i mediannivån.



Figur 6 (föregående sida): Grundvattennivåer under markytan för alla lokaler och mätstationer. Grå area indikerar den period av tidsserien som använts för att analysera skillnader före och efter återvätning. Mätstationerna i Bredared (kontroll) och Kråkered är observerade med ett intervall på 4 timmar, och stationerna i Vålberga (kontroll), Örbacken och Kärnskogsmossen med ett intervall på 6 timmar. Röd linje motsvarar datum för återvätning. För kontrollokalerna Bredared och Vålberga motsvarar de röda linjerna tidpunkten för återvätning vid Kråkered respektive Örbacken.

Koppling till förändringar i nederbörd

Västra Götaland-lokalerna fick mindre nederbörd efter återvätning, från februari till augusti (figur 8). Detta ledde till markant lägre nivåer denna period, trots lite högre nederbörd tidigare under hösten. Skillnaden är tydligast för kontrollokalen Bredareds stationer. Skillnaden i Kråkereds stationer har en större variation under året, och mediannivån har inte sjunkit lika mycket.

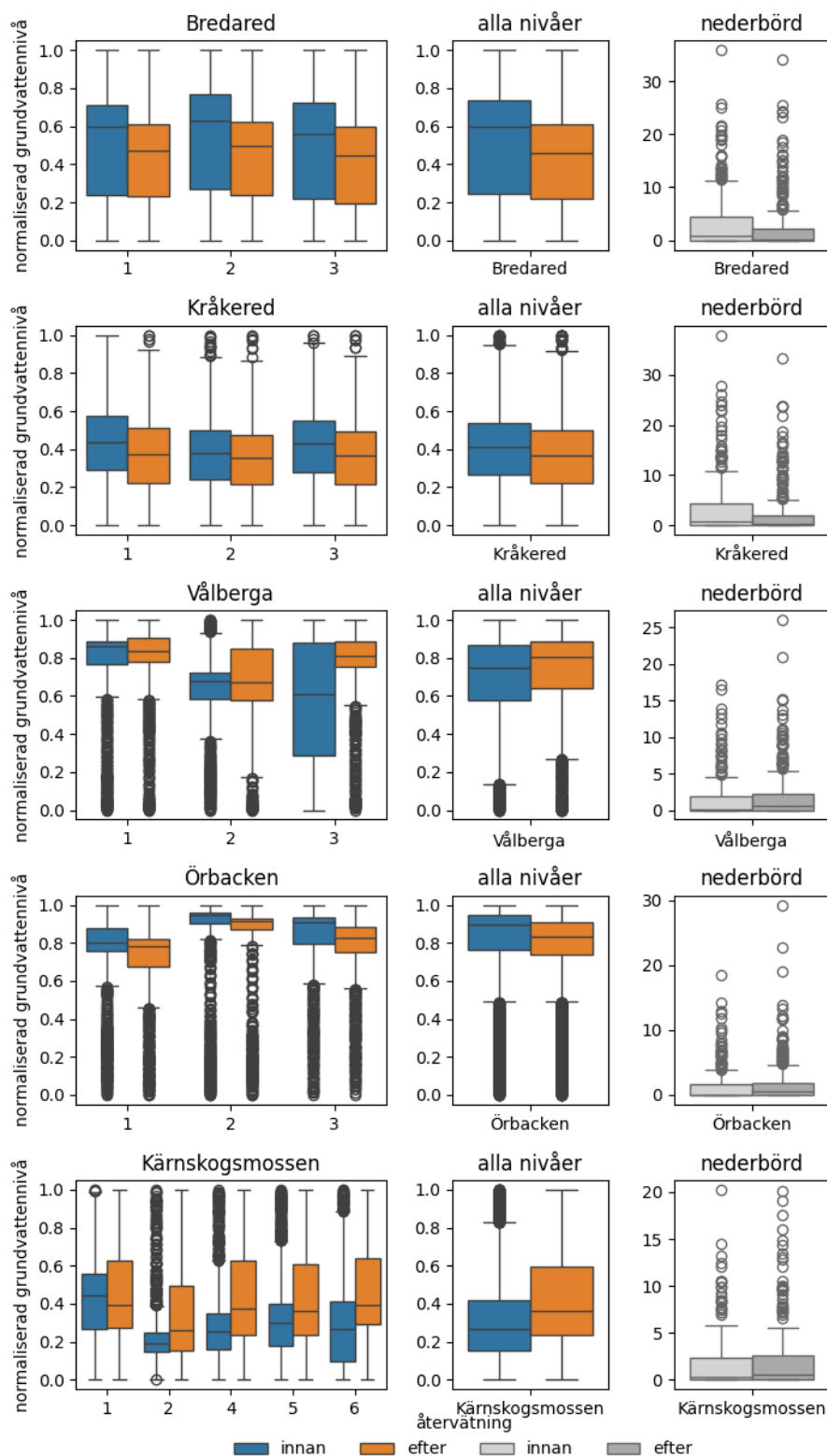
Östergötlands lokaler fick mer nederbörd efter återvätningen under alla månader förutom januari och mars (figur 8). Både i kontrollokalen Vålberga och den återvätta våtmarken Kärnskogsmossen speglar nivåfluktuationerna detta relativt väl, medan Örbacken_3 sticker ut med markant lägre nivåer samtliga månader under perioden efter återvätning.

Varaktighetskurvor

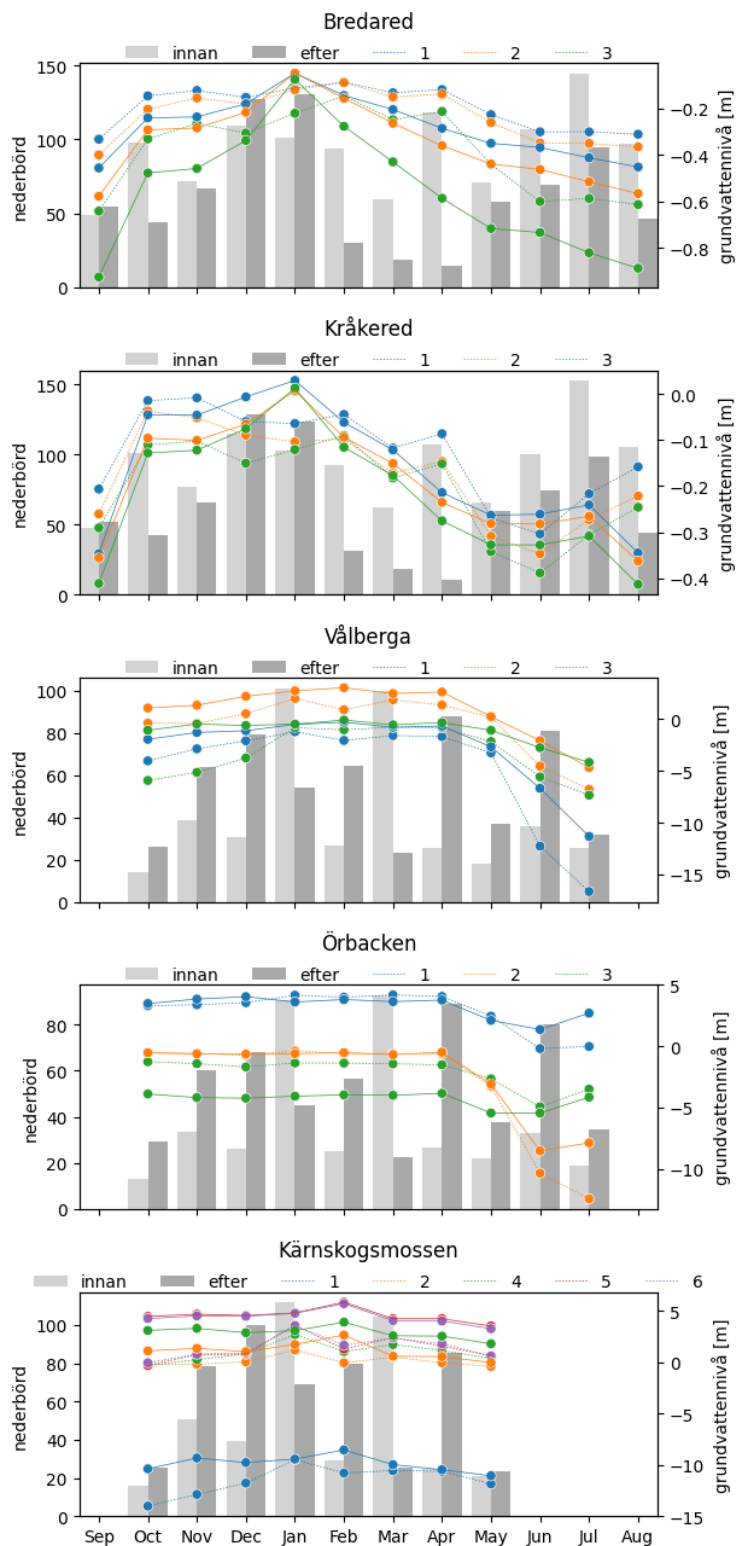
Figur 9 visar varaktighetskurvor (*eng.: exceedence frequency*) för normaliserade grundvattennivåer från varje station innan och efter återvätning. Varaktighetskurvorna representerar den andel då nivåtidsserien är samma eller överskrider en angiven nivå.

I Västra Götaland så visar varaktighetskurvan för kontrollokalen Bredared på lägre nivåer mot mitten och till vänster på kurvan, under perioden efter återvätning. Detta representerar nivåerna under mer än 60 % av tidsserien. Stationerna i Kråkered har konsekvent lägre värden längs nästan hela kurvan, efter återvätning, men skillnaden är mycket liten.

I Östergötland har stationerna i kontrollokalen Vålberga små skillnader i varaktighetskurvan mellan perioden före och efter återvätning. Vålbärga_2 visar på lite högre nivåer till vänster på kurvan, vilket betyder att perioder med höga nivåer blivit ännu lite högre. För Vålberga_3 har varaktighetskurvan ändrat form, från snabbt sjunkande nivåer vid en frekvens på ca 40 % perioden innan återvätning, till ihållande höga nivåer ca 80 % av tidsserien perioden efter återvätning. Detta syns även tydligt i Figur 6, där minimumnivåerna för Vålberga_3 tidsserien, i början på sommaren, är mycket högre än för perioden innan återvätning. Detta är troligen en konsekvens av den större mängden nederbörd motsvarande månader. Varaktighetskurvan för stationerna i Örbacken har skiftat lite nedåt, vilket visar på en liten minskning av nivåerna för ca 80 % av tidsserien efter återvätning. Alla stationer i Kärnskogsmossen med undantag för Kärnskogsmossen_1 har, relativt övriga lokaler, visar på en markant högre frekvens av högre nivåer jämfört mot innan återvätning.



Figur 7: Boxdiagram över observerade grundvattennivåer innan och efter återvätning (blå resp. orange boxar), och för daglig nederbörd (grå boxar) för motsvarande period. Skillnaden före och efter återvätning är statistiskt signifikant för samtliga grundvattenstationer. Den är även signifikant för nederbörden vid Bredared, Kråkered och Örbacken.



Figur 8: Månadsmedelvärden av grundvattennivåer (linjer) och summa av nederbörd per månad (staplar), före och efter återvätning. Grundvattennivåerna visas som linjer där varje mätstation representeras av en färg. *Streckade linjer* representerar grundvattennivån *innan* återvätning, och *heldragna linjer* representerar grundvattennivån *efter* återvätning.

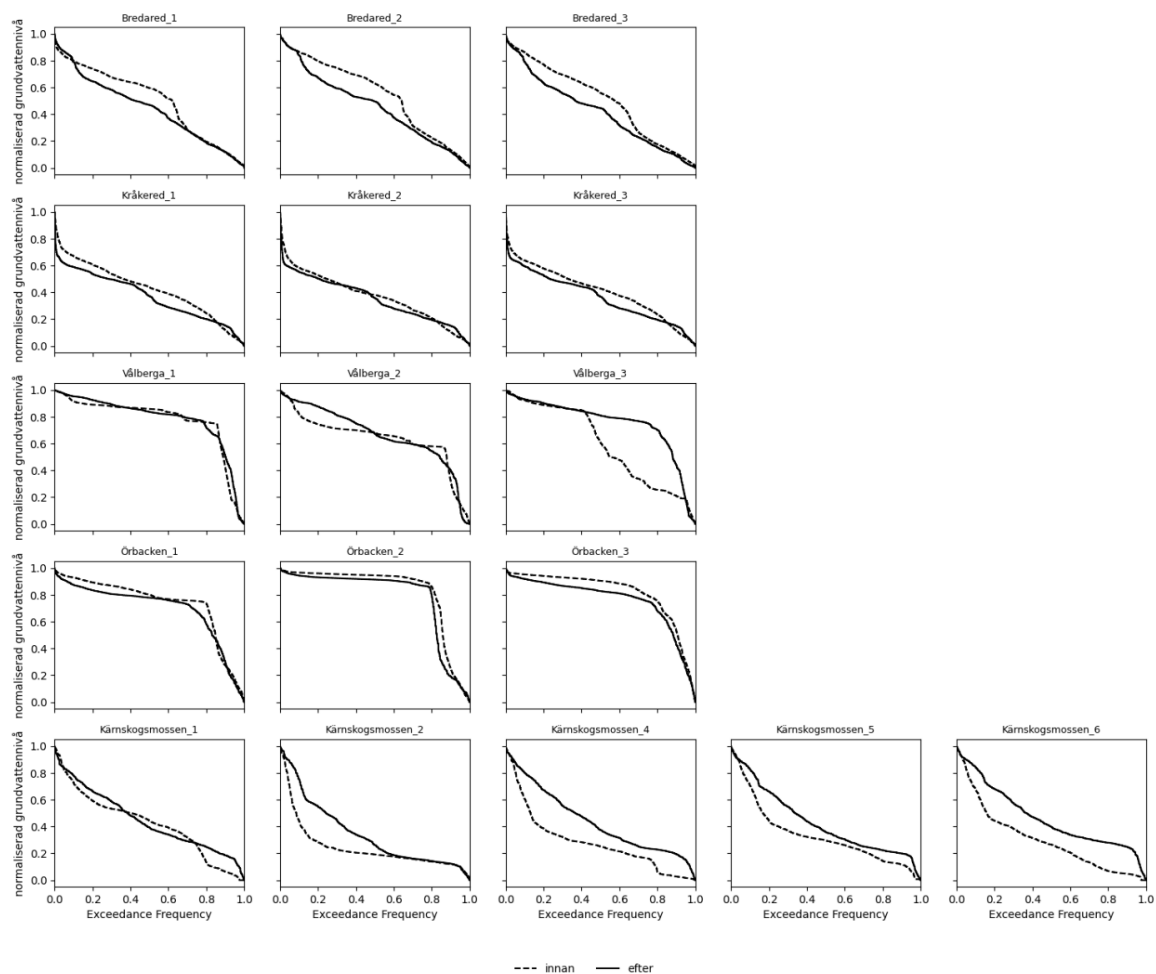
Richards Pathlength Index (RPI) – våtmarkens reaktion på nederbördsevent

Figur 10 visar Richards Pathlength Index (RPI) för samtliga stationer. Ett högre RPI-värde indikerar en snabbare reaktion på nederbördsevent. Skillnaderna i RPI skiljer sig mellan lokalerna i Västra Götaland och Östergötland.

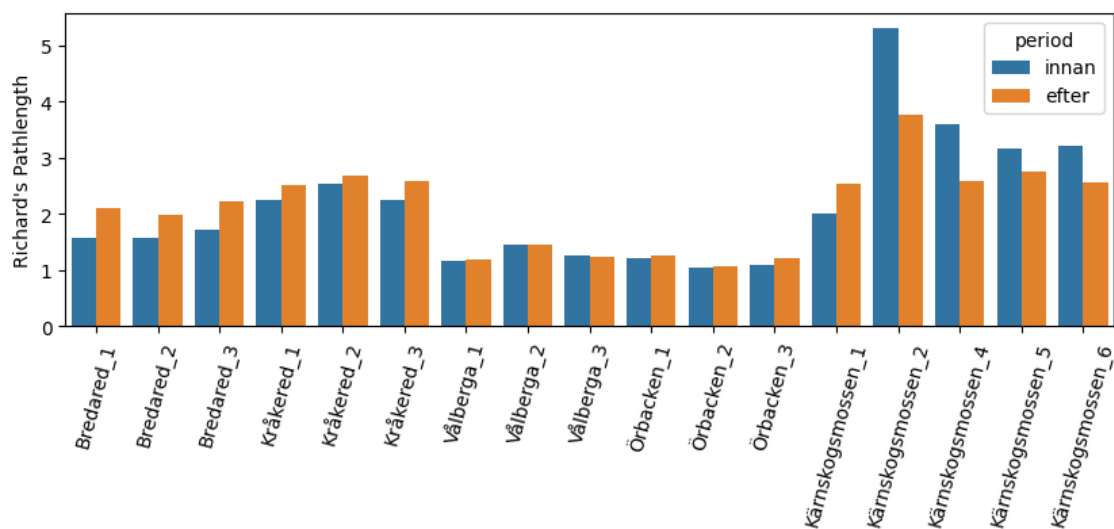
I Bredared och Kråkered har RPI stigit något under perioden efter återvätning (figur 10). Detta är motsatsen till vad som kan förväntas efter en återvätning. Det är oklart vad det kan bero på i detta fall, men troligen har markfuktighetsförhållanden en viss effekt på RPI. I Kråkered och Bredared var det till exempel mycket blött under sommarhalvåret före återvätning (figur 8). RPI kan även ha påverkats av nederbördsmönster med avseende på intensitet och frekvens. Dessa parametrar skiljer sig troligen för perioderna före och efter restaurering. Värt att notera dock är att ökningen i RPI är något mindre för den återväta lokalen (Kråkered) jämfört med referensen (Bredared).

För stationerna i Vålberga och Örbacken är RPI lågt, och skillnaden i perioderna före och efter återvätning är mycket liten. Däremot så stiger värdet lite i Örbacken_3.

I Kärnskogsmossen har RPI däremot minskat efter återvätning i alla mätstationer utom i Kärnskogsmossen_1. I mätstationen Kärnskogsmossen_2 har RPI minskat väsentligt (figur 10). Detta rör ligger långt bort från dämningplatsen (figur 5), men är placerat i torv, vilket troligen ger en snabbare respons på nederbördsevent. Detta jämfört med övriga rör, som sitter i mineraljord (figur 5). Lägre RPI efter återvätningen i Kärnskogsmossen tyder på en dämpande effekt av nivåerna i torven, och i viss mån även i omgivande mark, efter restaurering.



Figur 9: Varaktighetskurvor för normaliserade grundvattennivåer för en period före och en period efter återvätning.



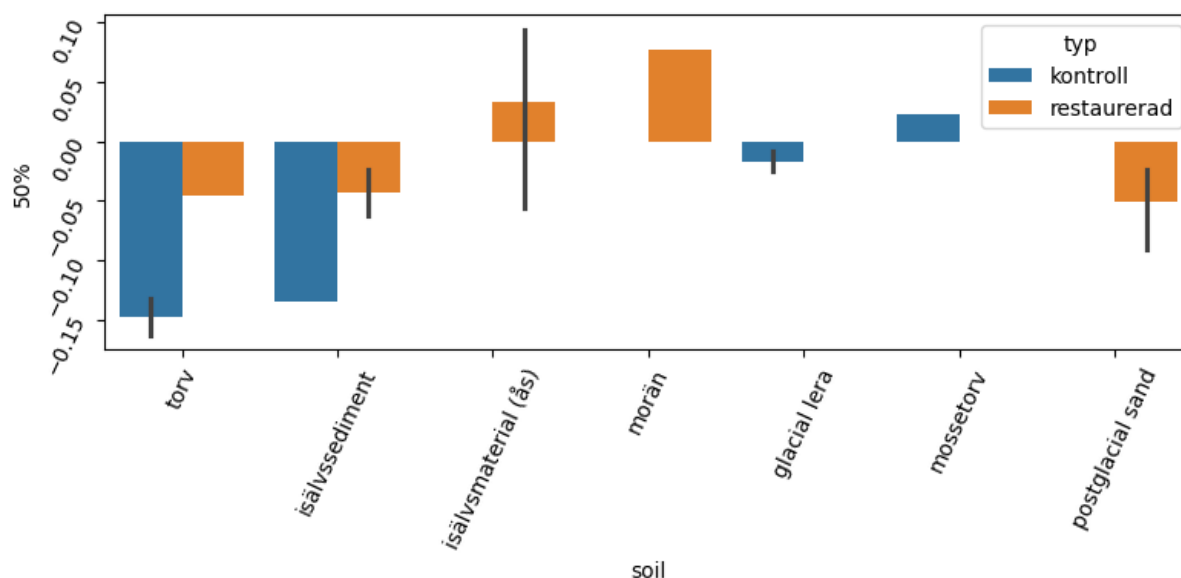
Figur 10: Richard's Pathlength (RPI) för samtliga stationer för perioden före och efter återvätning. RPI indikerar hur snabbreagerande ett system är i samband med nederbördsevent.

Metadataanalys – koppling till jordarter, närhet till dike mm

Figur 11 visar skillnaden i grundvattennivåer i 50e percentilen (medianen) mellan perioden före och efter återvätning, uppdelat på vilken (yt)jordart som grundvattenrören placerats i. Information om jordart baserat på befintliga jordartskartor från SGU.

Mätstationerna i Västra Götaland är placerade i torv eller isälvssediment (representeras av de första fyra staplarna i figur 11). För dessa mätstationer är resultaten tydliga; skillnaden i median-grundvattennivåer efter återvätning är ca 10 cm lägre för kontrollstationerna än för de restaurerade stationerna (figur 11). I dessa stationer har medianen alltså sjunkit mer i referenslokalen (Bredared) än i den återvätta lokalen (Kråkered). Restaureringen verkar alltså ha dämpat påverkan från minskningen i nederbörd i Västra Götaland som ägde rum månaderna efter återvätningen (figur 7 och 8).

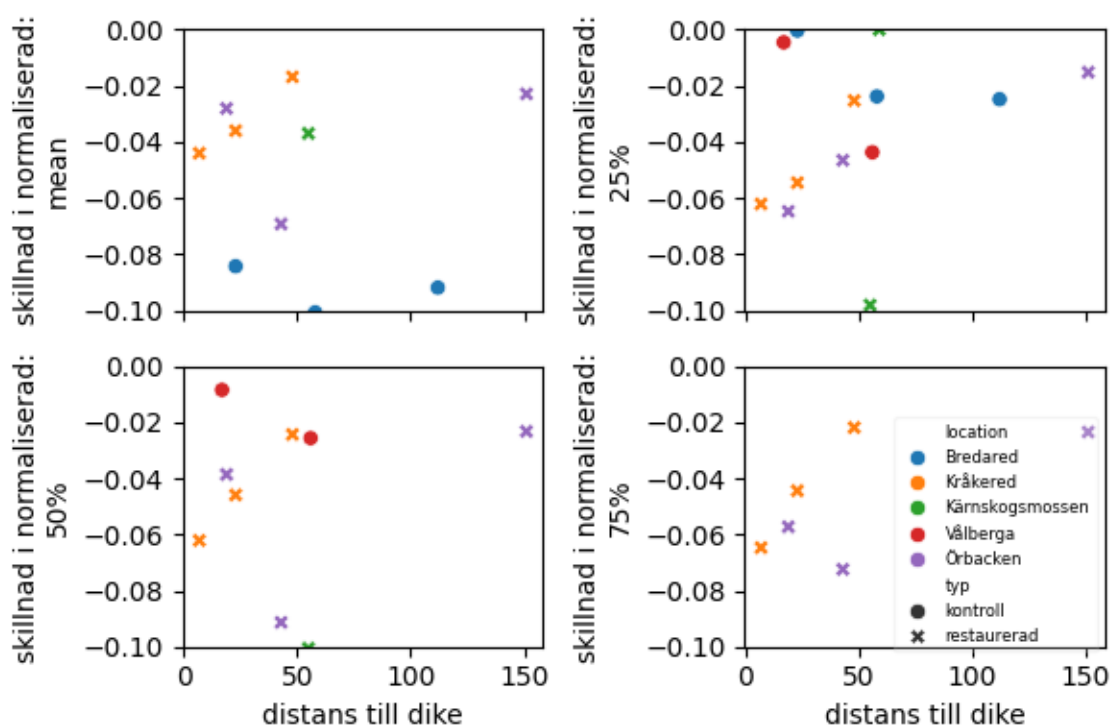
Mätstationerna i Östergötland är placerade i isälvsmaterial, morän, glacial lera, mossetorv och postglacial sand (representeras av staplarna till höger i figur 11). För dessa mätstationer är resultaten mer svårtolkade. För kontrollstationerna som var placerade i glacial lera och mossetorv är skillnaderna i medianen mycket små. För de restaurerade stationerna i åsen är nivåerna både högre och lägre än innan återvätning. I stationen i morän har nivåerna ökat mer än 5 cm, men i postglacial sand har nivåerna minskat. Utifrån befintliga data är det svårt att utläsa specifik påverkan från enskild jordart. Förmodligen är det flera faktorer som samverkar till att påverka grundvattennivåerna här, som t.ex. djup till grundvattennivån, hydraulisk kontakt med diken och distans till dämme (se till exempel Forsgård m.fl. 2022).



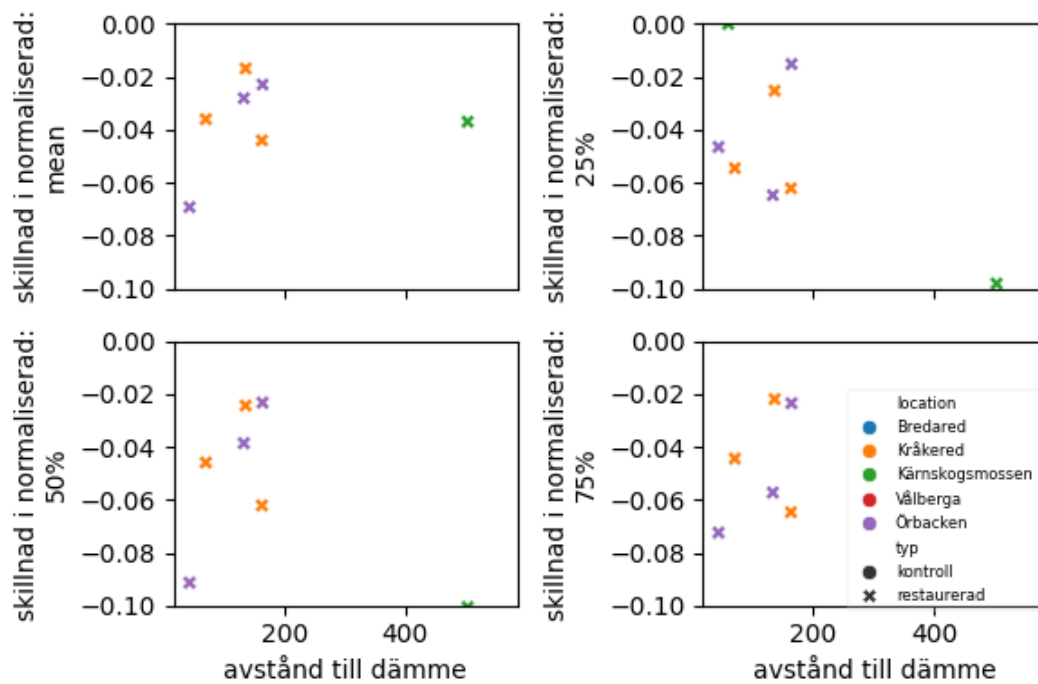
Figur 11: Skillnaden i grundvattennivåer i 50e percentilen (medianen) mellan perioden före och efter återvätning, uppdelat per jordart. Torv och isälvssediment förekommer i Bredared och Kråkered, och resterande jordarter förekommer i Vålberga, Örbacken och Kärnskogsmossen.

Utöver förändring i medianen på grundvattennivån, har plottar gjorts för distans till dike och distans till dämme (figur 12 och 13), utan tydliga resultat. Tolkning av resultaten över samtliga grundvattenstationer försvåras av att olika väderförhållanden dominerat på de olika platserna före och efter återvätning. Detta försvårar en jämförelse både mellan tidsperioder och mellan lokaler. Vidare är flera stationer artesiska. Normaliseringen förenklar jämförelsen till viss del, men utan en genomgående analys av den hydrogeologiska miljön i detalj är det svårt att avgöra varifrån grundvattenbildning sker för att korrekt tolka resultaten.

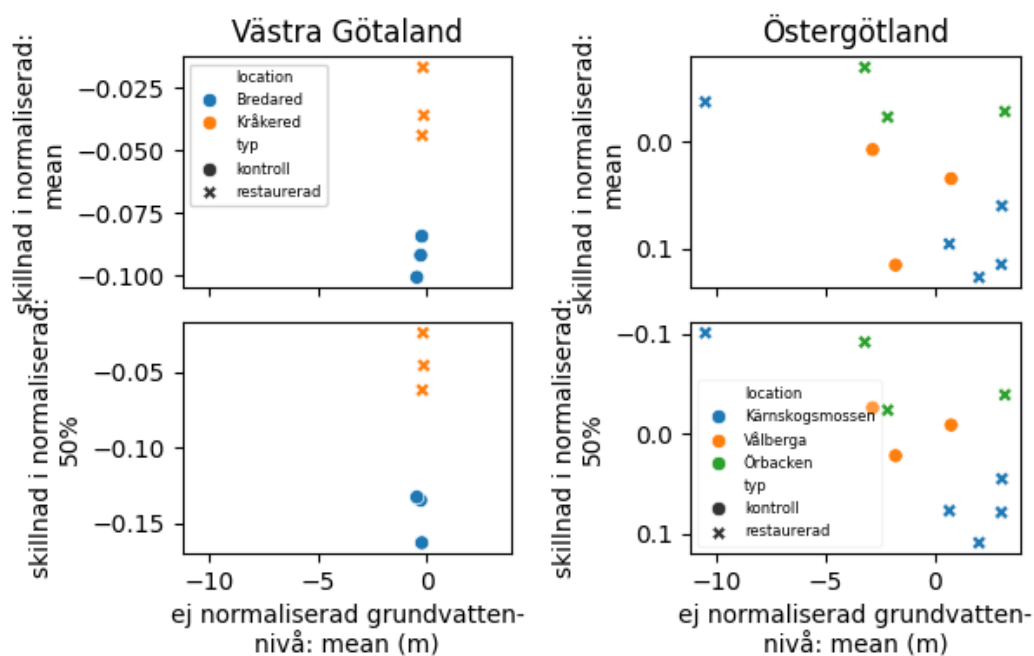
Vad gäller påverkan från grundvattendjupet på förändring före och efter återvätning, så syns ingen skillnad mellan restaurerade stationer och kontrollerna (figur 14). Grundvattenstationerna i Västra Götaland har alla väldigt ytliga grundvattennivåer, speciellt i relation till stationerna i Östergötland, där det är större variation.



Figur 12: Skillnaden i olika mått på normaliserad grundvattennivå (medelvärde, 50e percentilen/medianen, 25e percentilen samt 75e percentilen), mot distans till närmsta dike (m). Resultaten är in-zoomade på en negativ förändring.



Figur 13: Skillnaden i olika mått på normaliserad grundvattennivå (medelvärde, 50e percentilen/medianen, 25e percentilen samt 75e percentilen), mot distans till dämme (m). Notera att kontrollstationerna inte är med. Resultaten är in-zoomade på en negativ förändring.



Figur 14: Skillnaden i olika mått på normaliserad grundvattennivå (medelvärde, 50e percentilen/medianen), mot medelvärdet på observerad grundvattennivå i djup under markyta (m).

Slutsatser

Slutsatserna begränsas av att tidsserierna är relativt korta, och att skillnaden i nederbörd före och efter återvätning påverkar resultaten markant i samtliga fall. Resultaten bör därför utläsas med detta i åtanke.

I Västra Götaland föll mindre regn under perioden efter återvätning jämfört med perioden före återvätning. Mätstationerna i Västra Götaland indikerar att återvätningen i Kråkered ledde till att nivåerna inte påverkades lika mycket av den minskade nederbörden som stationerna vid referenslokalen Bredared. Återvätningen kan därför ha lett till ett möjligt skydd mot ytterligare sjunkande grundvattennivåer.

I Östergötland ökade istället nederbörden under perioden efter återvätning. Resultaten från dessa lokaler är inte lika entydiga. I den återvätta lokalen Kärnskogsmossen har dock nivåerna markant stigit, och grundvattnet fått ett lägre RPI och alltså reagerar långsammare på nederbörd. Liknande effekter kan ses i referenslokalen Vålberga, medan den restaurerade Örbacken inte visar samma typ av respons. Troligen spelar graden av utdikning och markanvändning stor roll i detta sammanhang. Kontrollen Vålberga är en relativt orörd mosse, medan de andra lokalerna är kraftigt påverkade av utdikning, särskilt Örbacken.

Denna bearbetning av data är översiktlig, och en djupare analys skulle kunna ge mer tillförlitliga slutsatser. En sådan skulle kunna innefatta mer statistisk bearbetning av nederbördsdata (extrem-event), hydrogeologisk modellering kopplad till markprofilernas egenskaper (tex genomsläpplighet), topografi, ytvattenflöden osv. En viktig aspekt är också att längre mätserier skulle ge betydligt högre tillförlitlighet i analysen, speciellt då nederbördsmönstren varierar mycket från år till år. Det skulle även förenkla jämförelsen mellan olika geografiska områden, där tidsserierna har påverkats av olika typer av väderevent.

Referenser

Forsgård, Öhman, Eveborn & Sohlenius 2022. *Effekter på omgivande grundvattennivå vid våtmarksåtgärder. En studie baserad på hydraulisk modellering*. SGU-rapport 2022:12

Ringstam, J. 2025: *A Study on Groundwater Levels Following Rewetting of Drained Wetlands in Southern Sweden*. Master thesis, SLU Uppsala. <https://stud.epsilon.slu.se/21674/7/ringstam-j-20250911.pdf>

SGU-PM 2021. Till Länsstyrelsen i Östergötland. 2021-09-23. *Bedömning av grundvattenförhållandena vid Örbackens rikkärr*. Thorsbrink och Bastviken, Sveriges geologiska undersökning (ej publicerat).

Thorsbrink, Sohlenius, Becher, Bastviken, Nolin Nyström & Eveborn 2019. *Geologins betydelse vid våtmarksåtgärder – Sätt att stärka tillgången på grundvatten*. SGU-rapport 2019:15.