

Grundvattennivåns tidsmässiga variationer i morän och jämförelser med klimatscenarier

Hanna Lagergren

maj 2015

SGU-rapport 2015:20



SGU

Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Omslagsbild: Artesiskt vatten ur ett prospekteringsrör i Stekenjokk. Foto: Fredrik Theolin.

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INNEHÅLL

Inledning	5
Bakgrund	5
Grundvattennivåer med klimatscenarier	5
Nederbörd och temperaturer mellan 1975–2014	6
Sveriges regimområden	6
Metoder	7
Stationsurval	7
Regressionsanalys och signifikans	8
Exempel på observerade nivåserier 1975–2014	9
Resultat	9
Grundvattennivåns månadsmedelvärden i tioårsperioder	9
Förändringar i månadsmedelvärden i regimområdena	11
Grundvattennivåer i västra och östra Götaland	12
Trender i grundvattennivåns årsmedelvärden	12
Förändringar i högsta och lägsta grundvattennivåer	13
Skillnader mellan högsta och lägsta grundvattennivåer	14
Dagförskjutning av lägsta och högsta grundvattennivå	14
Diskussion	15
Referenser	16
Bilaga 1	17
Bilaga 2	19

INLEDNING

Inom Sveriges geologiska undersöknings (SGU) Grundvattennät har mätningar av grundvattennivåer utförts i mer än 40 år (Nordberg & Persson 1974). Syftet med nivåmätningarna är att beskriva och förklara tidsmässiga variationer i grundvattnets mängd i förhållande till klimat, geologi och topografi i olika delar av Sverige. Nivåerna varierar under året beroende på temperatur, nederbörd, jordar etc. Variationerna i södra Sverige skiljer sig således markant från norra Sverige.

Syftet med detta arbete var att undersöka eventuella trender och förändringar i uppmätta grundvattennivåer för perioden 1975–2014 inom områden med olika hydrologiska regimer. I arbetet har förändringar i variationsvidden (skillnad mellan högsta och lägsta nivå), medelnivåer och tider under året för maximi- och miniminivåer i olika delar av landet studerats med regressionsanalys för ett urval av stationerna inom SGUs Grundvattennät.

Klimatrelaterade förändringar i grundvattenbildning och grundvattennivå har de senaste åren behandlats i olika rapporter. Bland annat har nivådata från SGUs Grundvattennät använts för kalibrering av modeller för att beräkna grundvattennivåer i ett framtida klimat med hjälp av klimatscenarier (Rodhe m.fl. 2009, Sundén m.fl. 2010). Ett delmål i den nu utförda studien var att utvärdera om den tidigare prognostiserade förändringen i grundvattennivå till följd av klimats förändring kan observeras i uppmätta nivåer.

Framtagandet av denna rapport ger ett stöd för uppföljningen av miljökvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet* som SGU ansvarar för. Rapporten kan också användas som ett komplement till de klimatstudier där grundvattennivåer beräknas i ett framtida klimat. Den utgör även ett underlag till den statliga utredningen *Dricksvattenutredningen* (L 2013:02).

BAKGRUND

Grundvattennivåer med klimatscenarier

För att kunna relatera dagens redan observerade grundvattennivåer till framtida prognostiserade nivåer återges här resultaten från ett antal tidigare rapporter där grundvattennivåer beräknats fram med hjälp av olika klimatscenarier.

I slutrapporten av det SGU-finansierade projektet Grundvattennivåer i ett förändrat klimat (Rodhe m.fl. 2009) användes en modell för att beräkna grundvattenbildning och grundvattennivåer för perioden 2071–2100 jämfört med referensperioden 1961–1990. I denna studie utfördes beräkningar för markklasserna morän och grov jord. Markklassen grov jord i modellen motsvarar långsamreagerande, större grundvattenmagasin i exempelvis isälvsavlagringar. Resultaten från modellkörningarna i morän visade att medelgrundvattennivåerna i norra Sverige kan komma att öka medan medelnivåerna i södra Sverige förutspås sjunka med 0,1–0,3 m, främst i Götaland och östra Svealand. Skillnaderna mellan den högsta och den lägsta nivån under ett år förväntas dock minska i norra Sverige på grund av att senvinterns låga nivåer ökar jämfört med idag. Detta beror på att kortare perioder med snölagring förväntas. Grundvattennivåns avsänkingsperiod (recession) under sommaren förväntas också bli längre vilket medför lägre nivåer under sensommaren. Detta innebär i sin tur att grundvattenbildningen under hösten inträffar senare med ett tydligare maximum.

I södra och mellersta Sverige ser grundvattnets nivåvariationer under året i stället ut att öka. Detta beror till stor del på att mer regn kan komma under vintern i stället för snö som kan lagras och fördröja grundvattenbildningen. Grundvattenmagasinen fylls på under större delen av hösten och vintern vilket ger högre nivåer i början på året och en mindre markerad snösmältningstopp. Sommarens nivåer förväntas sjunka på grund av stor avdunstning eller förbli oförändrade jämfört med dagens regim.

Sundén m.fl. (2010) har arbetat vidare med modelleringar av grundvattennivåer med den grundvattenmodell som användes av Rodhe m.fl. (2009). Fem olika modeller och två klimat-

scenarier användes vilka gav stora skillnader i resultaten för perioden 2071–2100. Störst var skillnaderna i beräknade månadsmedelvärden mellan olika modeller och scenarier under vinterhalvåret, då grundvattenbildningen normalt är mer komplex. Nästan alla resultat visade en höjd grundvattennivå under början av året för de flesta stationer som ingick i modellen (14 stycken). Precis som tidigare beskrivits av Rodhe m.fl. (2009) ser nivåerna ut att öka främst i norra Sverige, medan de kan komma att minska i sydöstra delarna av landet samt längs Norrlandskusten. Under sommaren och hösten kan nivåerna bli lägre i framtiden för att vid slutet av året vara oförändrade eller öka något. Modellerna visar att högsta- och lägstanivåerna förmodligen inte kommer att förändras så mycket i framtiden, dock kommer skillnader i månadsmedelvärdena mellan extremnivåerna att blir mycket större.

Nederbörd och temperaturer mellan 1975–2014

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SHMI) har upp till 150 års observationsdata med nederbörd och temperatur. De senaste 23 åren har varit de mest nederbördsrika och varmaste åren som uppmätts, även om kortare perioder med höga temperaturer och stor nederbörd observerats tidigare. Den största temperaturökningen har skett i norra Sverige. Årsmedeltemperaturen har varit mycket över den normala, speciellt under vintern och våren som de senaste 23 åren ökat med mellan 1 och 1,5 °C, jämfört med referensperioden 1961–1990 (Kjellström m.fl. 2014). Perioden 1975–2014 började med lägre årsmedeltemperaturer än normalt. År 1985 började dock temperaturen stiga ordentligt under alla årstider utom hösten, som inte förrän 1995 visade en ökning av årsmedeltemperaturen. Från år 2005 har temperaturen sjunkit något under vintern och hösten men fortfarande har årsmedeltemperaturen varit mycket över de normala.

Årsmedelnederbörden har ökat nästan konstant under hela perioden (1975–2014) med ett mindre uttalat maximum runt år 2000. Under sommarmånaderna mellan 1970 och 1975 uppmättes de lägsta nederbördsmängderna sedan 1800-talet. Nederbörden har därefter ökat fram till år 1995 då den minskade en aning för att sedan stiga igen. Vinterns högsta nederbördsmängd uppmättes 1990. Nederbördsmängden har därefter hållit sig relativt stabil (SMHI 2014a, b).

Sveriges regimområden

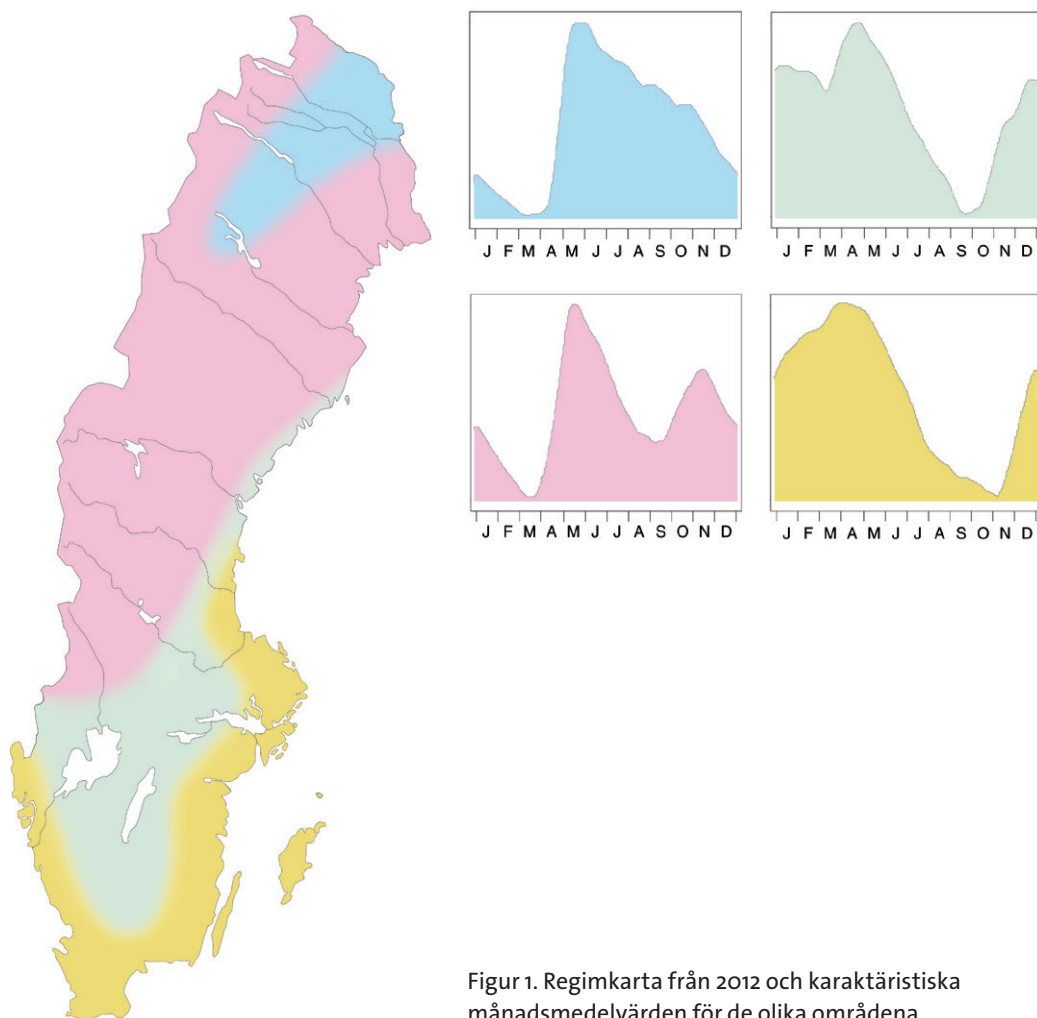
Det finns en stor skillnad i grundvattennivåns årstidsvariation mellan olika platser i Sverige. För att förklara grundvattennivåernas årstidsvariationer i områden där de hydrologiska och klimatologiska förutsättningarna är likartade, har SGU delat in Sverige i fyra grundvattenregimer med hjälp av data från Grundvattennätet (fig. 1). Regimkartan baseras på nivådata från snabbreagerande grundvattenmagasin som vanligtvis utgörs av morän.

Regim 1 omfattar endast en mindre del av inre nordligaste Norrland och karaktäriseras av snabbt stigande grundvattennivåer på våren som en effekt av kraftig snösmältning. Då avdunstning och snölagringen normalt hindrar vidare grundvattenbildning under hösten och vintern, minskar nivåerna sedan gradvis ända fram till nästa års snösmältning.

I regim 2 inkluderas större delen av Norrland inklusive norra Norrlandskusten och två maxnivåer kan normalt observeras, en på våren i samband med snösmältning och en under senhösten då avdunstningen minskat.

Regim 3 täcker södra Sveriges inland och där är grundvattennivån vanligen som lägst under sensommaren medan den sedan stiger i samband med höstens regn och låga avdunstning. När nederbörden kommer i form av snö upphör grundvattenbildningen och nivåerna minskar igen fram till snösmältningen på våren.

Regim 4 utgörs av södra Sveriges kustområden och i dessa områden saknas betydande snölagring vilket leder till att grundvattennivån stiger på grund av nederbörd i form av regn från sen höst till vår. Under sommarhalvåret sjunker grundvattennivån då avdunstningen är hög.



Figur 1. Regimkarta från 2012 och karaktäristiska månadsmedelvärden för de olika områdena.

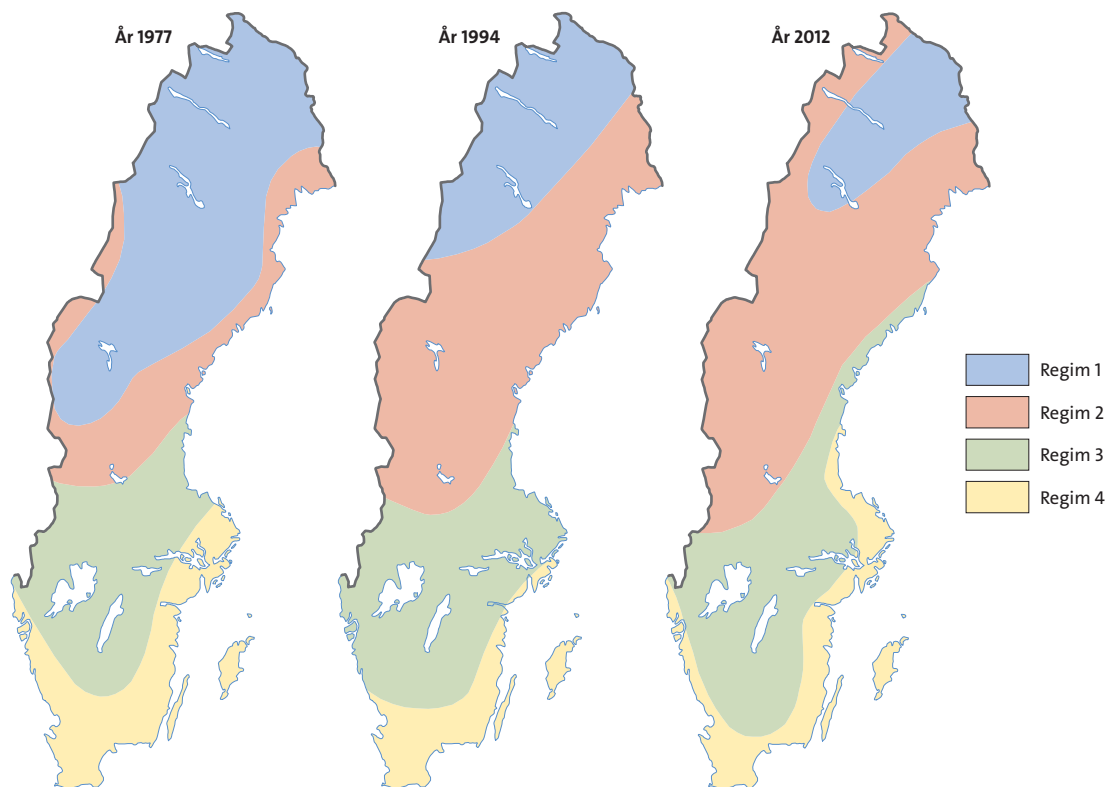
Den första regimkartan framställdes 1977 (fig. 2) och sedan dess har ytterligare två kartor framställts (år 1994 och år 2012) för att korrigera för ändrade variationsmönster i grundvattennivåer till följd av förändrade temperatur- och nederbördsmönster. Regimkartan från år 2012 skiljer sig tydligt från tidigare kartor. Framför allt har de hydrologiska förhållandena i norra Sverige påverkats. Regim 1 utgjorde år 1977 en stor del av inre Norrland men har på senare år krympt avsevärt och utgör idag bara den nordligaste delen av Norrland.

METODER

Stationsurval

De mätstationer som skulle ingå i analysen valdes ut från Grundvattennätet som idag består av ca 300 mätstationer fördelade på ett sjuttiofem observationsområden runt om i Sverige. Följande kriterier användes:

- Tidsserierna ska ha startat senast år 1980 och nivåmätningar ska inte ha avslutats.
- Bara stationer i morän (små snabbreagerande grundvattenmagasin) valdes.
- Berginstallerade rör som överlagras av morän filtreras bort.
- Mätstationer ska ha nivåserier som bedömts med kvalitetsklass A eller B (se nedan).



Figur 2. Regimområdenas utseenden genom åren. Störst förändring har skett i norra Sverige. Regim 1 har minskat betydligt och regim 4 utgörs idag i större omsträckning av södra Sveriges kustområden.

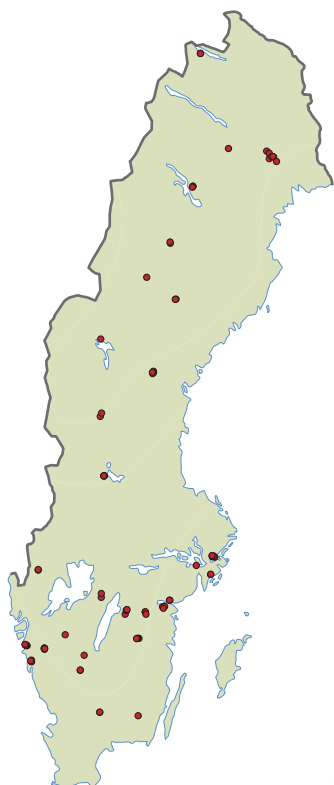
Då det fanns uppdaterade utvärderingar av grundvattennätet från år 2014 gjordes ett urval (sista punkten i kriterielistan) för att utesluta mätstationer som uppvisar brister i mätdata. Bristerna kan bland annat bero på igensättningar i rör eller på att röret är för kort (grundvattennivån är lägre än rörets botten eller grundvattennivån går över rörets överkant). Nivåserierna har tidigare utvärderats visuellt och varje station har klassificerats enligt följande:

- A. Ingen anmärkning.
- B. Enstaka avvikande värden.
- C. Kurvan har märkligt utseende.

Det slutliga antalet mätstationer som användes i detta arbete är 82 mätstationer fördelade på 29 observationsområden (fig. 3).

Regressionsanalys och signifikans

Förändringen i grundvattnets medel-, min- och maxvärden, nivåskillnad (skillnad mellan högsta och lägsta nivåer) och dagförskjutning av min- och maxnivå för perioden 1975–2014 beräknades med regressionsanalys för varje station och regimområde. Regressionsanalysen utfördes med programvaran SAS (Statistical Analysis System) på traditionellt sätt med linjär anpassning och minsta kvadratmetoden. Regressionsanalys utfördes också för att avgöra signifikansen hos trenderna. Signifikansnivån 5 % användes. Trenden kan antingen vara positiv statistiskt signifikant eller ej signifikant (ökande nivåer alternativt senare dagförskjutning), eller negativ statistiskt signifikant eller ej signifikant (minskande nivåer alternativt tidigare dagförskjutning).



Figur 3. Aktuella mätstationer efter stationsurvalet.

Exempel på observerade nivåserier 1975–2014

Figur 4 visar några exempel på observerade nivåserier från stationsurvalet för perioden 1975–2014. Stationerna representerar olika delar av landet, från Jokkmokk i norra Norrland till Emmaboda i sydvästra Sverige. Årsmedelvärden har också beräknats som tydligare visar mellanårsskillnader.

Stationerna i Jokkmokk och Åsele som representerar norra Norrland visar på relativt oförändrade nivåer. En lite större variation i mellanårsmedelvärden syns de sista 20 åren i tidsserien för stationen i Jokkmokk men även större inomårsvariationer observeras de sista tio åren. Stationen i Mora visar på relativt oförändrade årsmedelnivåer och högstanivåer, men en tydlig höjning av lägstanivån de senaste femton åren. Enstaka år med små inomårsvariationer verkar dock komma ungefär vart tionde år. Stationerna i Nissafors och Emmaboda i södra Sverige visar tydligast på att årsmedelnivåerna ökat. I Nissafors framgår också tydligt speciellt torra år, som 1976, 1996 och 2003.

RESULTAT

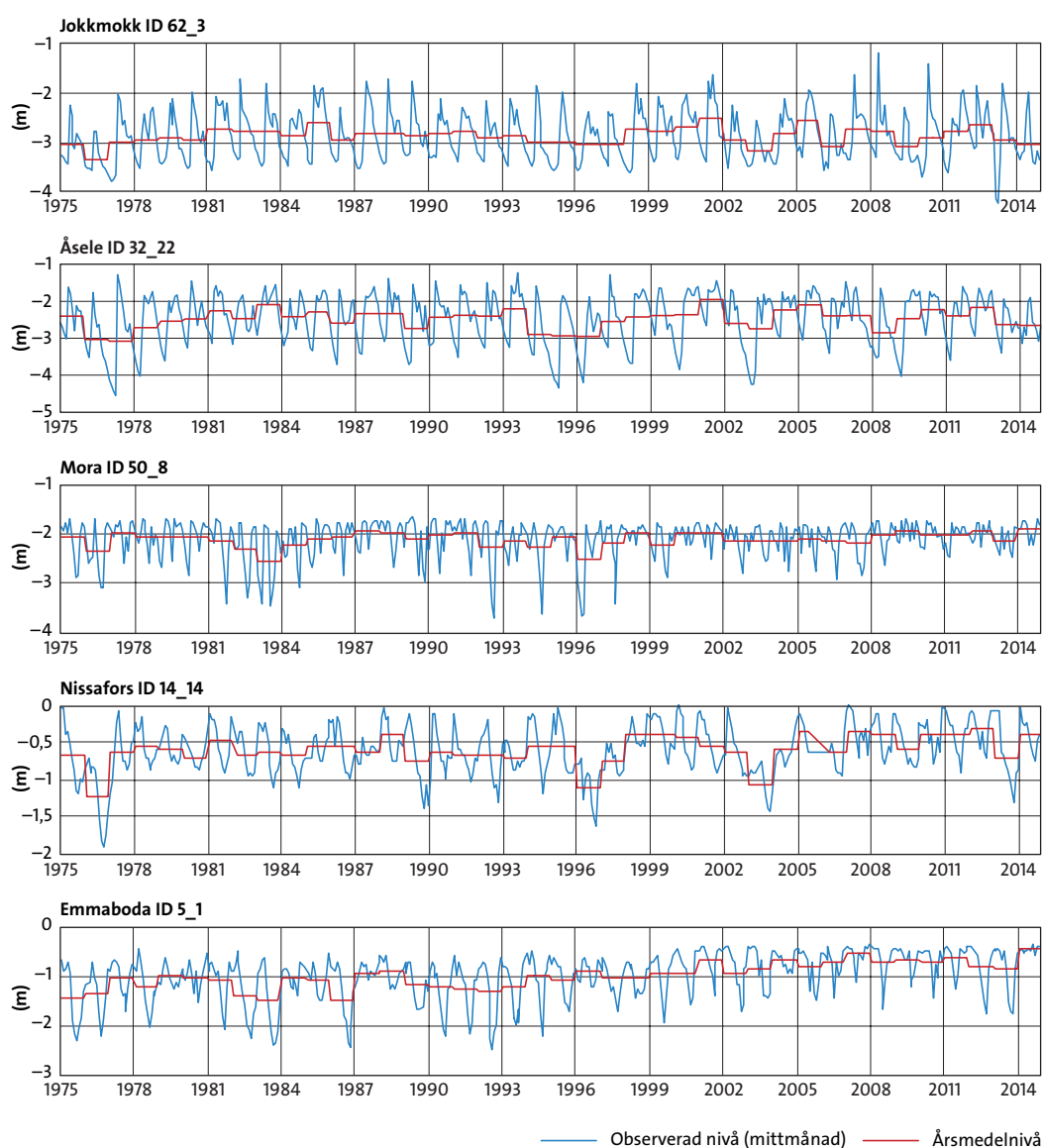
Grundvattennivåns månadsmedelvärden i tioårsperioder

För att undersöka hur grundvattennivåernas variation under året har förändrats under 40 år beräknades månadsmedelvärden för varje station och månad för perioderna 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004 och 2005–2014. Därefter beräknades ett medelvärde för varje månad och tioårsperiod. Genom att dela in perioden i tioårsintervall kommer också effekter av regionala variationer i klimatet att framträda tydligare.

Av figur 5 att döma har de senaste tio åren (2005–2014) präglats av tydligt förhöjda grundvattennivåer under vintern och sommaren, vilket också lett till mer utjämnade nivåer över året.

Detta beror på att nederbörden under vintern fallit mer som regn än som snö på senare år. Maxvärdet i samband med snösmältningen har ökat något vilket tyder på att nederbörden under vintern har ökat något.

En successivt ökad nederbörd under sommaren sedan 1970-talet har lett till betydligt högre grundvattennivåer under sommarmånaderna. Från SMHI:s tidsserier över nederbörd framgår det dock att det under de första tio åren (1975–1985, blå linje) kom exceptionellt mycket mer nederbörd under hösten (sep–nov) än vad det kommit senaste 30 åren (SMHI 2014b). I figur 5 kan man tydligt se att månadsmedelnivån i oktober under perioden 1975–1984 är ungefär lika med månadsmedelnivån de senaste tio åren (2005–2014). Samtidigt som nederbörden ökat under sommaren har det också blivit varmare på hösten. Grundvattennivåns avsänkingsperiod under sommaren har de senaste 20 åren därför förlängts med ett par veckor.

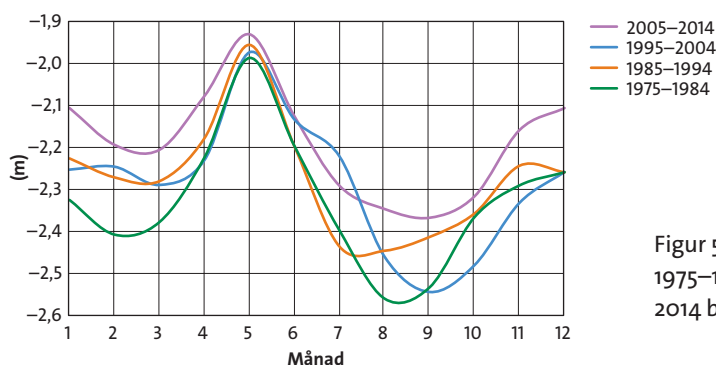


Figur 4. Exempel på nivåserier för några utvalda stationer som representerar norra Sverige (högst upp) och södra Sverige (längst ner). Figurerna visar observerade mittmånadsvärden (blå) och beräknade årsmedelvärden (röd).

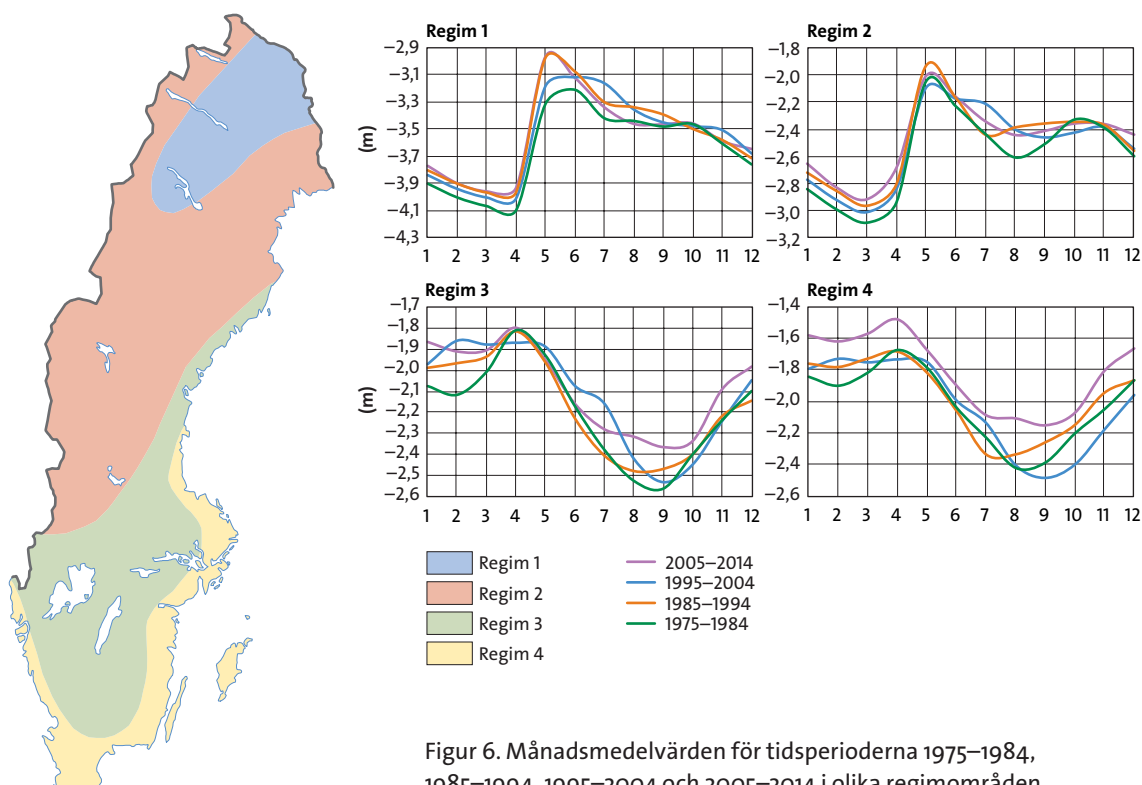
Förändringar i månadsmedelvärden i regimområdena

Då de hydrologiska och klimatologiska förutsättningarna är olika i olika delar av landet, beräknades månadsmedelnivåer för fyra tioårsperioder mellan 1975 och 2014. Stationerna i grundvattnätet grupperades i områden enligt den senast framställda regimkartan (fig. 1). Detta ger en mer rättvisande bild av förändringar i säsongsvariationerna i olika delar av landet. Beräknade månadsmedelvärden för respektive station finns presenterade i bilaga 2.

I nordligaste Sverige (regim 1) är temperaturen vintertid mycket låg. Den förhöjda årsmedeltemperaturen under perioden 1975–2014 har fortfarande inte varit tillräckligt hög för att nederbörden ska övergå från snö till regn. Den ökande grundvattenbildningen i samband med snösmältningen tyder dock på att nederbörden under vintern har ökat. Effekten av den större snölagringen under vintern framgår tydligt i figur 6 i regim 1 som uppvisar uppemot 30 cm högre nivåer i samband med snösmältningen på våren de senaste tio åren (2005–2014) och perioden 1985–1994 jämfört med perioden 1975–1984.



Figur 5. Månadsmedelvärden för perioderna 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004 och 2005–2014 beräknade för samtliga aktuella stationer.



Figur 6. Månadsmedelvärden för tidsperioderna 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004 och 2005–2014 i olika regimområden.

I regim 2 syns en något större grundvattenbildning under vintern än i regim 1 men maxnivån i samband med snösmältningen är relativt oförändrad. En ökad grundvattenbildning under sommaren är synlig i alla regimområden. En intressant iakttagelse är att det under perioden 1995–2004 fanns förhöjda grundvattennivåer redan i juli i nästan hela landet.

De största förändringarna i grundvattennivåer i nuvarande regimer ser vi i södra Sverige. Snölagring under vintern har i stort sett uteblivit och grundvattenbildning har i stället ägt rum hela hösten och vintern, vilket också lett till en i stort sett utebliven snösmältningstopp mellan åren 1985 och 2004. I södra Sveriges kustområden (regim 4) har de senaste tio åren uppvisat förhöjda grundvattennivåer under alla årstider och ett maxvärde vid snösmältningen är åter synligt. Detta kan bero på en liten temperaturminskning men med fortsatt stor nederbörd under vintern. Avsänkingsperioden under sommarhalvåret har också blivit längre senaste 20 åren (1995–2014) jämfört med åren 1975–1984, vilket till stor del beror på att höstarna de senaste 20 åren varit varmare än tidigare (SMHI 2014b).

Grundvattennivåer i västra och östra Götaland

Tidigare arbeten med beräknade framtida grundvattennivåer har rapporterat att grundvattennivåerna i sydöstra Sverige i framtiden kan komma att minska under våren (Rodhe m.fl. 2009). Trender i uppmätta grundvattennivåer från de senaste 40 åren tyder på att grundvattennivåns maxnivå i samband med snösmältningen minskat något från 1975 till 2004 i östra Götaland för att sedan öka de sista tio åren (2005–2014). Förutom en ökning i nivå de första månaderna på året har nivåerna i östra Götaland de första 30 åren av tidsserien varit relativt oförändrade. Nivåerna i början av året har dock ökat under hela tidsserien i både östra och västra Götaland, men framför allt i östra Götaland. De senaste tio åren har grundvattennivåerna i östra Götaland ökat mycket under nästan alla årets månader, samtidigt som nivåerna i västra Götaland under samma tid ökat främst under sommaren och vintern. Medelnivån i västra Götaland har de senaste tio åren (2005–2014) varit högre under vintern än på våren då maxnivån vanligtvis brukar uppmätas (fig. 7). Även om en liten effekt av snösmältningen faktiskt kan observeras har nederbörden i form av regn under vintern bidragit mer till grundvattenbildningen än vad smältvattnet på våren gjort.

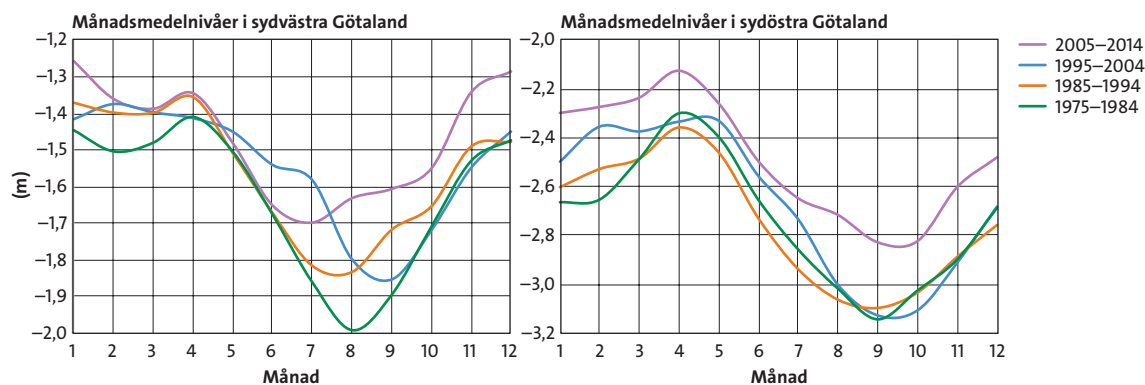
En av de största skillnaderna i grundvattennivåer mellan östra och västra Götaland är längden på avsänkingsperioden under sommaren och hösten. I östra Götaland har avsänkingsperioden de senaste 20 åren förlängts ungefär två veckor, precis som den generella trenden för hela södra Sveriges kustområden (fig. 5). Grundvattennivåns avsänkingsperiod i västra Götaland har varierat mycket under hela perioden och både förkortats och förlängts med mellan två och fyra veckor. De stora skillnaderna i årsmedelnivåer under sommaren tyder på att sydvästra Sverige fått en större nederbörd än sydöstra Sverige, vilket stämmer överens med nederbördsdata från SMHI (2014d).

Totalt har medelgrundvattennivån de senaste 40 åren höjts ungefär 30 cm under sommaren i västra Götaland och ca 25 i östra Götaland, vilket medfört att nivån blivit mer utjämnad under året. Precis som tidigare noteras en förhöjd grundvattenbildning i juli mellan åren 1995 och 2004, vilket tydligast observeras i sydvästra Sverige.

Trender i grundvattennivåns årsmedelvärden

Förändringar i grundvattennivåns årsmedelvärden har beräknats för varje station och regim och finns presenterade i tabell 1. Då säsongsvariationerna påverkas olika mycket vid ändrade klimatförhållanden har också medelnivåer beräknats för olika perioder under året. Om dessa förändringar är signifikanta eller inte har testats i samband med regressionsanalysen (bilaga 1).

Årsmedelnivåerna har ökat mest i regim 4, södra Sveriges kustområden. Ökningen är ca 25 cm på våren och sommaren. Minst påverkan på årsmedelnivåerna observeras i norra



Figur 7. Månadsmedelnivåer beräknade för tioårsperioder för sydvästra Sverige (t.v.) och sydöstra Sverige (t.h.).

Tabell 1. Förändring i grundvattennivåns årsmedelvärden (i meter) och för olika månadsperioders medelvärden under perioden 1975–2014 i olika regimer.

	Hela året	Feb–jun	Jul–sep
Regim 1	+0,12	+0,19	+0,04
Regim 2	+0,08	+0,08	+0,11
Regim 3	+0,15	0,00	+0,16
Regim 4	+0,23	+0,24	+0,22

Sverige. Undantaget är under våren i inre delarna av norra Norrland (regim 1) där stor snöackumulering skett vilket resulterat i mycket smältvatten. Där har nivåerna ökat omkring 20 cm. Regressionsanalysen (bilaga 1) visar att nivåtrenden under sommaren i regim 1 inte är signifikant, även om en liten ökning på några centimeter har observerats.

Trenderna i årsmedelnivån är signifikant positiva för majoriteten av stationerna i Sverige, dvs. vi ser signifikant ökande grundvattennivåer. Medelnivåerna för perioden juli–september i de inre delarna av södra Sverige (regim 3) har ökat omkring 15 cm medan medelnivåerna under perioden februari–juni har hållit sig oförändrade. Förändringarna i årsmedelnivån för de olika säsongerna överensstämmer med de ändrade säsongsvariationerna i olika regimer som presenterats i figur 6.

Förändringar i högsta och lägsta grundvattennivåer

I stora delar av landet har både högsta och lägsta grundvattennivåer (tabell 2) ökat mellan åren 1975 och 2014. Lägstanivåerna i regim 2 visar på en övervägande signifikant ökning på upp till två decimeter under alla månadsperioder och den största ökningen har skett på våren och lite mindre under sommaren.

Maxnivån i regim 1, som omfattar de inre delarna av norra Norrland, har ökat märkbart (21 cm). Denna förändring är dock inte signifikant.

Södra Sveriges kustområden (regim 4) är det område vars högstanivåer och lägstanivåer förändrats mest och som har störst andel signifikanta trender. Både signifikant positiva och negativa trender i minnivån observeras mellan juli och september. Dock visar fortfarande fler stationer en positiv trend vilket gör att nivåerna generellt för området har ökat 20 cm. Ökningen

Tabell 2. Förändringar i maxnivåer och minnivåer i olika regimer och för olika månadsperioder.

Maxnivå (m)				Minnivå (m)			
	Hela året	Feb–jun	Jul–sep		Hela året	Feb–jun	Jul–sep
Regim 1	+0,21	+0,25	+0,06	Regim 1	+0,13	+0,13	+0,03
Regim 2	0,0	−0,01	+0,08	Regim 2	+0,17	+0,19	+0,13
Regim 3	+0,06	−0,03	+0,18	Regim 3	+0,17	+0,06	+015
Regim 4	+0,20	+0,21	+0,15	Regim 4	+0,22	+0,28	+0,20

Tabell 3. Förändringar i skillnad mellan högsta och lägsta grundvattennivåer (i meter) i olika regimer och för olika månadsperioder.

	Hela året	Feb–jun	Jul–sep
Regim 1	+0,08	+0,12	+0,03
Regim 2	–0,17	–0,21	–0,06
Regim 3	–0,11	–0,09	+0,03
Regim 4	–0,02	–0,08	+0,05

av minnivån i södra Sveriges kustområden ligger mellan 20 och 30 cm under alla månadsperioder och för maxnivån omkring 15–20 cm. Ökningen i maxnivå har inträffat under våren medan minnivån ökat som mest mellan februari och juni när snösmältningen infaller.

Den största ökningen av högstanivån och lägstಾನivån i de inre delarna av södra Sverige (regim 3) inträffar båda under sommaren och är omkring 20 cm. Den minsta förändringen i högsta- och lägstಾನivån för samma regim observerades på våren. Det finns en liten övervägande negativ trend i maxnivån under våren i regim 3 som visar att denna minskat ett par centimeter. Minskningen är liten men signifikant.

Skillnader mellan högsta och lägsta grundvattennivåer

Skillnaden mellan den högsta och den lägsta uppmätta grundvattennivån för en månad skiljer sig normalt under olika delar av året. För att undersöka om dessa skillnader förändrats de senaste 40 åren har regressionsanalys utförts. Resultaten från signifikanstesterna finns i bilaga 1.

Nivåskillnaden mellan den högsta och den lägsta nivån per år har i regim 2 och 3 minskat signifikant med några centimeter under perioden juli–september. Under perioden februari–juni har skillnaden minskat betydligt mer, ca 20 cm (tabell 3). Den största minskningen har skett under våren i regim 2 som representerar norra Sverige förutom norra Norrlands inland. Trenderna i grundvattnets nivåskillnader i kustområdena i södra Sverige (regim 4) är både positiva och negativa och sammantaget är förändringen nästan lika med noll. Nordligaste Norrland, dvs. regim 1, saknar helt signifikanta trender, även om en liten ökning upp till ca 10 cm observerats. Antalet stationer med positiva trender ökar längre söderut i landet, men det är bara stationerna i regim 3 och 4 som har haft övervägande signifikant positiva trender under perioden juli till september och där har skillnaden mellan max- och minnivån ökat några centimeter. Perioden februari till juni har under de senaste 40 åren präglats av övervägande signifikant negativa trender, dvs. minskande nivåskillnader.

Dagförskjutning av lägsta och högsta grundvattennivå

Den totala dagförskjutningen av min- och maxnivåer mellan månaderna februari–juni och juli–september för perioden 1975–2014 beräknades med regressionsanalys. Maxnivåerna i respektive regim infaller allt tidigare på året (tabell 4), vilket tydligt visar att temperaturen i landet

Tabell 4. Dagförskjutning av lägsta och högsta grundvattennivåer vid olika månadsperioder för olika regimområden.

Dagförskjutning av maxnivå (dag)			Dagförskjutning av minnivå (dag)		
	Feb–jun	Jul–sep		Feb–jun	Jul–sep
Regim 1	–6	–19	Regim 1	–13	–1
Regim 2	–6	–3	Regim 2	–3	+3
Regim 3	–18	–2	Regim 3	+17	–2
Regim 4	–8	–5	Regim 4	+3	–7

har ökat och påskyndat snösmältningen. Vårens maximala grundvattennivå har under perioden 1975–2014 inträffat omkring en vecka tidigare i större delen av landet. I regim 3, dvs. stora delar av södra Sverige, har grundvattennivåns maximum under våren tidigare lagts 18 dagar under de senaste 40 åren.

Maxnivåerna under perioden juli–september infaller också tidigare, speciellt i regim 1, nordligaste Norrland, som visar en tidigareläggning med 19 dagar. Det finns en tydlig skillnad i dagförskjutningen av lägstanivåerna mellan norra och södra Sverige. I södra Sverige har lägstanivån generellt uppmätts senare under våren i och med att grundvattenbildning kunnat ske under större delen av vintern vilket förhöjt grundvattennivåerna i början på året. I norra Sverige har inte grundvattenbildning kunnat ske på vintern då temperaturen fortfarande varit låg. Snösmältningen kommer dock tidigare nu än för 40 år sedan vilket medfört att vinterns lägstanivå också uppmätts tidigare. Trenden i dagförskjutningen av lägstanivån på sommaren är i stort sett inte signifikant i hela landet. Undantaget är södra Sveriges kustområden där lägstanivån generellt har uppmätts en vecka tidigare, vilket sannolikt beror på att nederbörden ökat speciellt mycket under sommaren i dessa delar av landet.

DISKUSSION

För att kunna se effekter från globala klimatförändringar krävs det ofta mycket långa tidsserier. 40 år är en relativt kort period ur ett klimatperspektiv men tidsmässiga förändringar i uppmätta grundvattennivåer har ändå visat sig överensstämma till viss del med de trender som kan noteras i modellberäknade grundvattennivåer i ett framtida klimat (Rodhe m.fl. 2009, Sundén m.fl. 2010).

Den modellberäknade grundvattennivån i framför allt östra Götaland blir lägre i ett framtida klimat. Samtidigt har vi sett att de uppmätta grundvattennivåerna ökat i vissa delar i detta område under perioden 1975–2014 (t.ex. stationen i Emmaboda, fig. 4). Grundvattennivåns årsmedelvärden har de senaste 40 åren generellt också ökat mest i södra Sverige även om klimat-scenarier visar att främst norra Sverige kommer att få den största ökningen av grundvattennivån till nästa sekelskifte.

I hela södra Sverige uppvisar grundvattnet tydligt förhöjda månadsmedelnivåer i början på året. I östra Götaland har nivåerna mellan åren 1975 och 2004 i övrigt varit relativt oförändrade, eller till och med minskat under vissa månader på året, medan de tio senaste åren (2005–2014) har inneburit speciellt höga nivåer även sommartid för hela landet. Enligt klimatscenarierna som använts av Rodhe m.fl. (2009) och Sundén m.fl. (2010) kommer grundvattennivåerna vintertid att öka i södra Sverige, medan lägstanivåerna under sommaren förväntas minska till nästa sekelskifte. De lokala förhållandena är dock mycket betydelsefulla och avgörande för nivåvariationen, vilket gör att beräkningar för ett helt regimområde kan ge alltför generella resultat som kan avvika från verkligheten för en specifik plats.

De modellberäknade grundvattennivåernas variationsvidd över hela året, dvs. skillnaderna mellan lägsta och högsta nivå under året, förväntas minska i södra Sverige och öka i norra Sve-

rige till nästa sekelskifte (Rodhe m.fl. 2009, Sundén m.fl. 2010). De senaste 40 årens uppmätta nivåer har dock visat på delvis andra trender med en mindre variationsvidd i södra Sverige där snösmältningstoppen minskat och lägstanivåerna under året ökat på grund av mer nederbörd. Det är dock endast marginellt fler stationer som visar en signifikant negativ trend i nivåskillnaden (minskande variationsvidd) jämfört med det antal stationer som har positiv trend, vilket gör att den totala minskningen i nivåskillnad är liten. Många stationer i södra Sverige visar också på en signifikant positiv trend, dvs. skillnaden mellan högsta och lägsta grundvattennivå har ökat. Detta betyder att de modellberäknade förändringarna i grundvattennivåerna i södra Sverige till viss del ändå överensstämmer med observerade förändringar för perioden 1975–2014. Förändringen i variationsvidd i nordligaste Sverige (regim 1) var inte signifikant även om den generella variationsvidden minskat uppemot en decimeter i denna regim. Norra Sverige förutom norra Norrlands inland (regim 2) uppvisade däremot övervägande signifikant negativa trender bland stationerna, vilket går i linje med klimatscenarierna.

En annan likhet med de modellberäknade grundvattennivåerna enligt framtida klimatscenarier är att de uppmätta nivåernas avsänkingsperiod under sommaren har förlängts de senaste 20 åren, även om dagförskjutningen av lägstanivån totalt sett för perioden 1975–2014 infaller tidigare. Detta kan förklaras av att det föll rikligt med nederbörd hela sommaren mellan åren 1985 och 1994 vilket resulterade i en betydande grundvattenbildning med maxvärden under sommaren. Avsänkingsperioden blev därför väldigt kort under den perioden, framför allt i södra Sverige vilket påverkade medelvärdet för hela perioden 1975–2014.

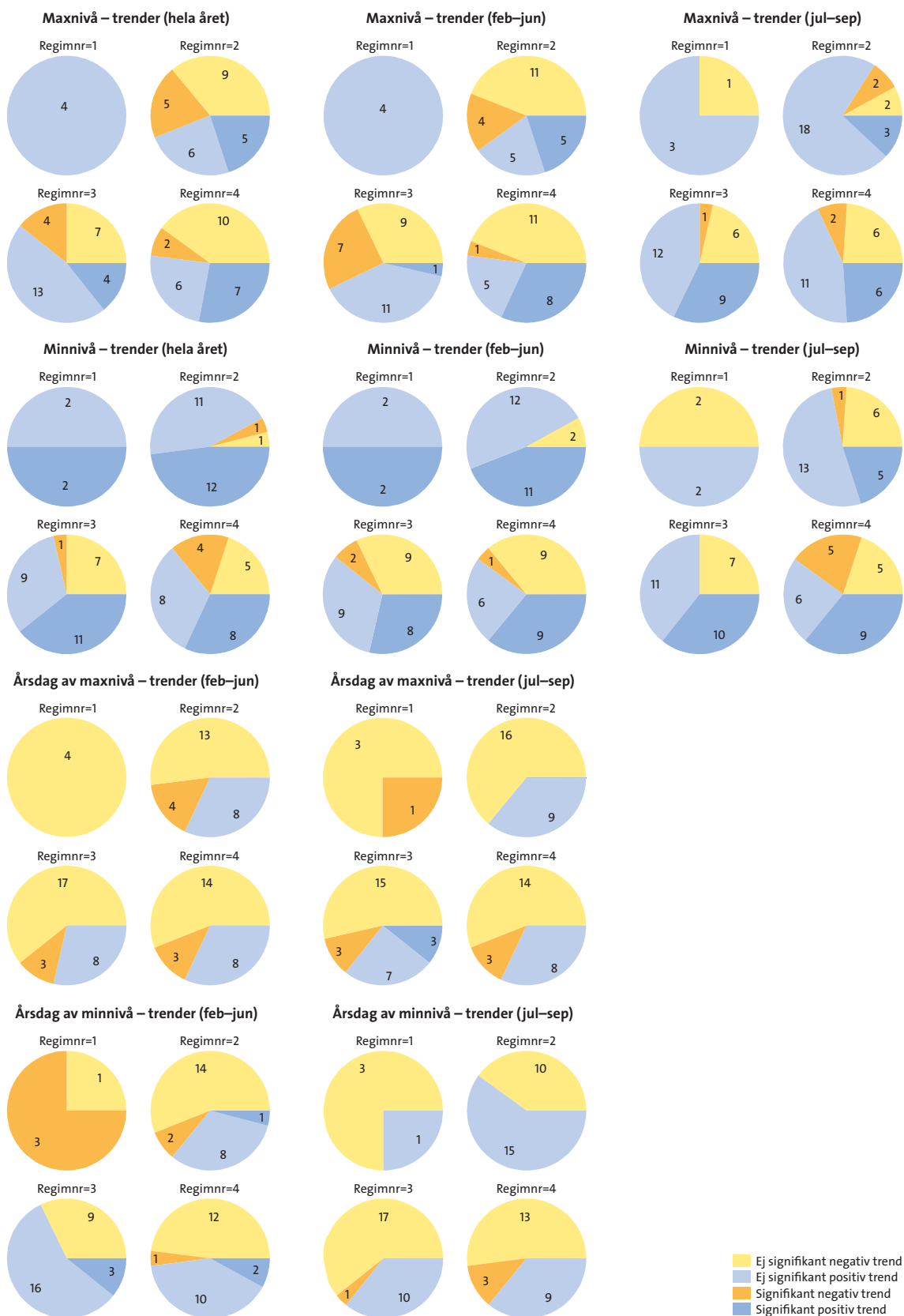
Den kanske största och viktigaste förändringen i grundvattennivåer är den som har observerats under vinterhalvåret, där grundvattennivåerna blivit betydligt högre. Denna trend överensstämmer med de modellberäknade grundvattennivåerna som beskrivits i tidigare rapporter. I södra Sverige har grundvattennivåns maxvärde i samband med snösmältningen minskat påtagligt på 40 år och även inträffat tidigare, vilket förkortat vintersäsongen.

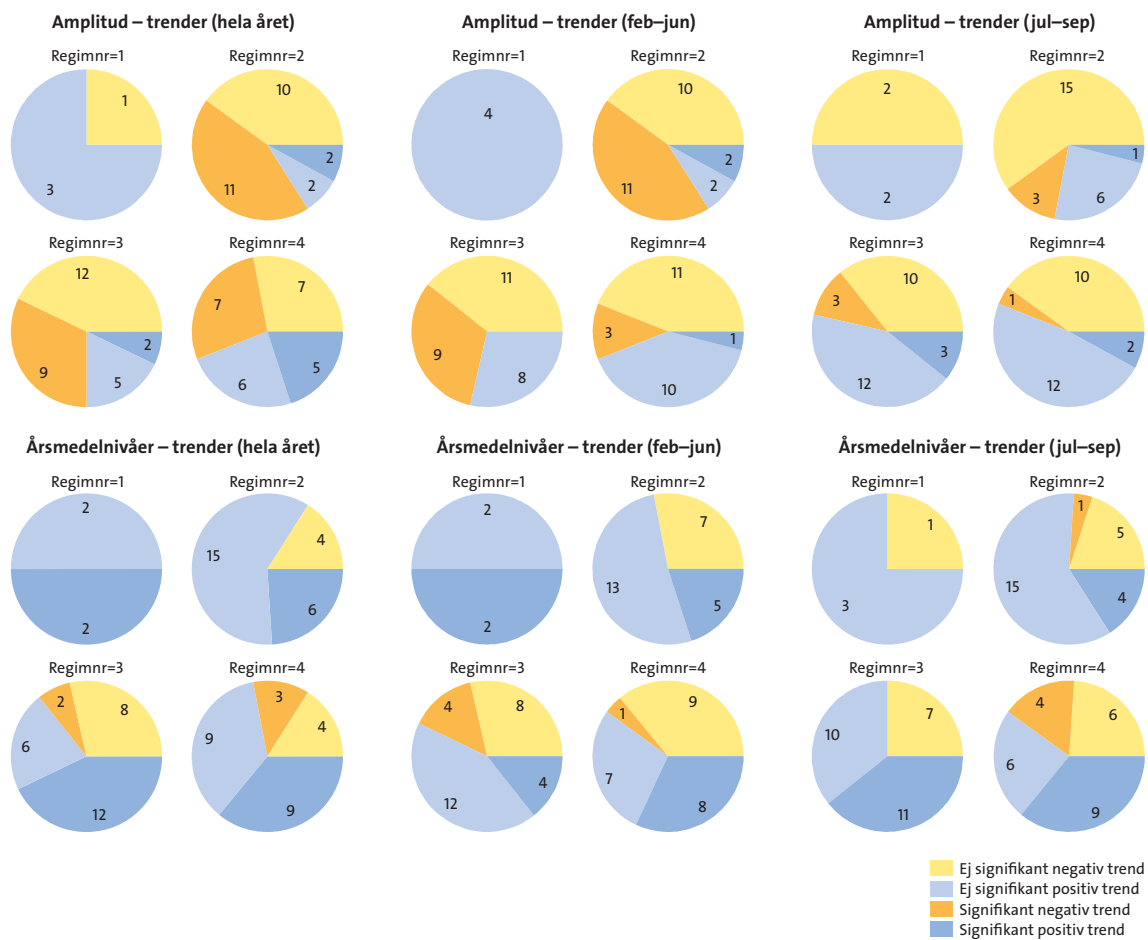
REFERENSER

- Kjellström, E., Abrahamsson, R., Boberg, P., Jernbäcker, E., Karlberg, M., Morel, J. & Sjöström, Å., 2014: Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget. *SMHI Klimatologi* 9, 68 s.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1974: The national groundwater network of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca* 48, 160 s.
- Rodhe, A., Lindström, G. & Dahné, J., 2009: *Grundvattennivåer i ett förändrat klimat*. Slutrapport från SGU-projektet Grundvattenbildning i ett förändrat klimat. Proj nr 60-1642/2007, 44 s.
- Sundén, G., Maxe, L. & Dahné, J., 2010: Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2010:12*, 44 s.
- SMHI, 2014a: *Klimatindikator – temperatur*. <<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/klimatindikator-temperatur-1.2430>>. Hämtat 2014-11-19.
- SMHI, 2014b: *Klimatindikator – nederbörd*. <<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord/klimatindikator-nederbord-1.2887>>. Hämtat 2014-11-26.
- SMHI, 2014c: Årets väder 2003. *SMHI Väder och vatten* 13, 13 s. <http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.11504!vov2003.pdf>.
- SMHI, 2014d: *Sveriges klimat har blivit varmare och blötare*. <<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat-har-blivit-varmare-och-blotare-1.21614>>. Hämtat 2014-12-05.

BILAGA 1

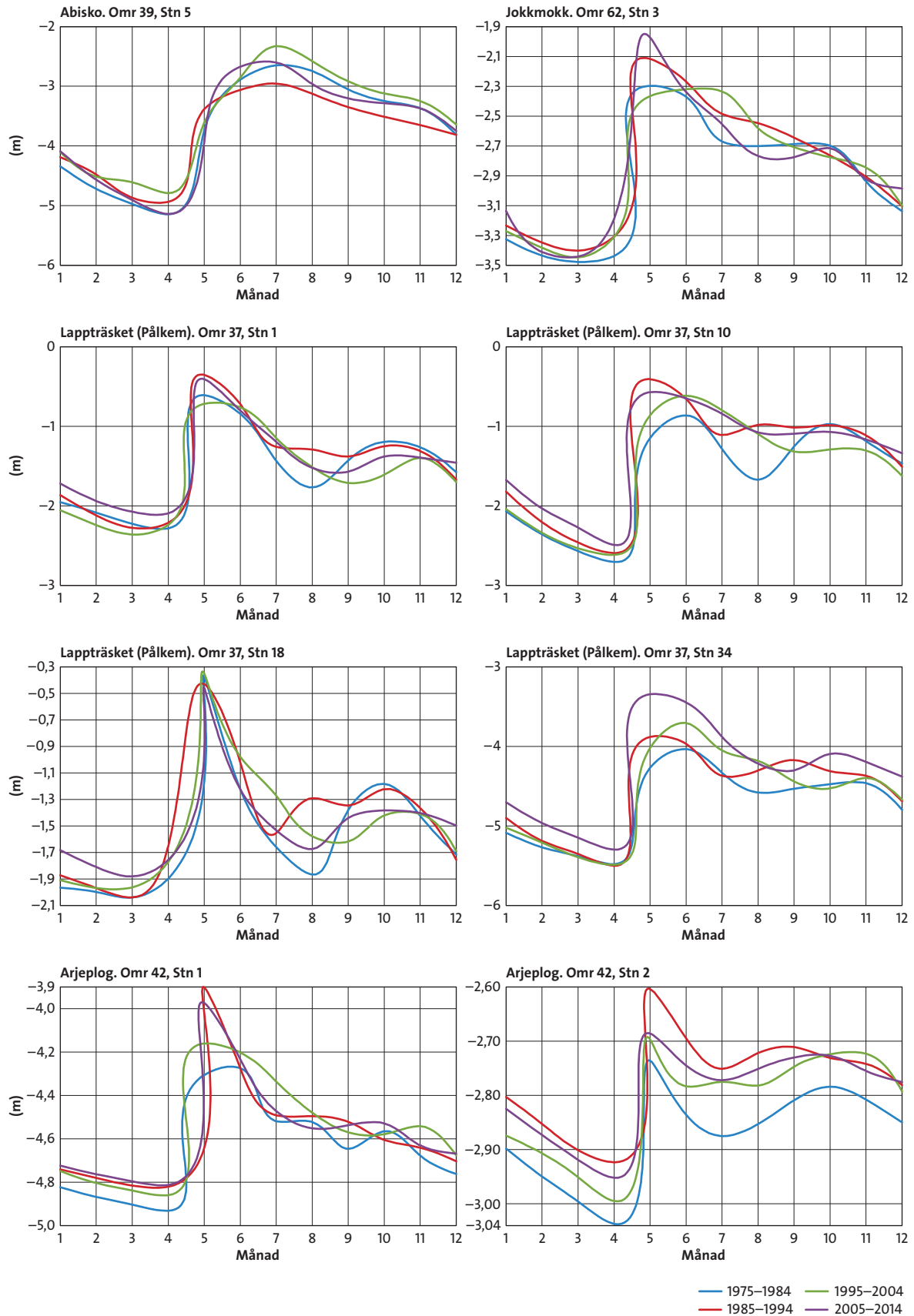
Fördelning av antal stationer med positiva och negativa trender vid respektive regimområde. Paj-diagrammen visar även om trenderna är signifikanta eller inte.

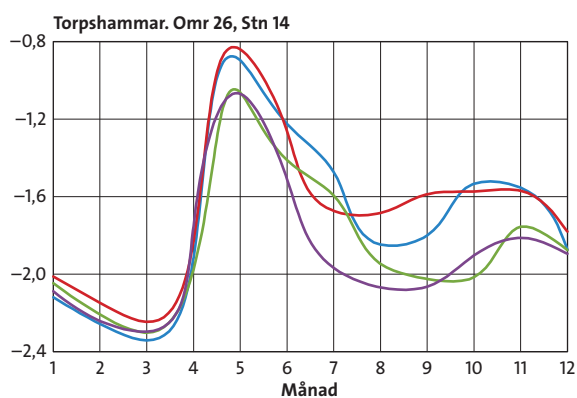
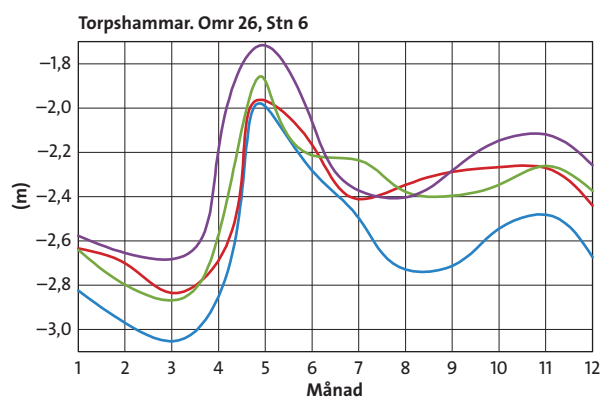
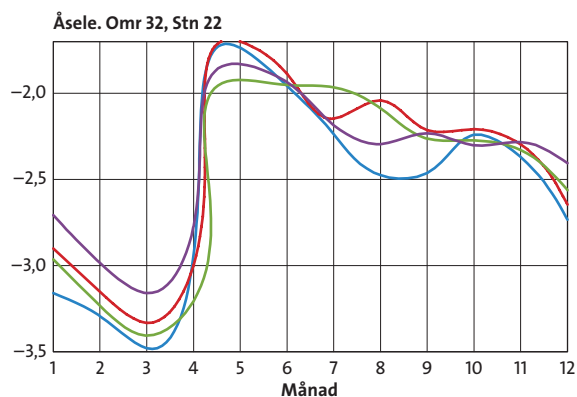
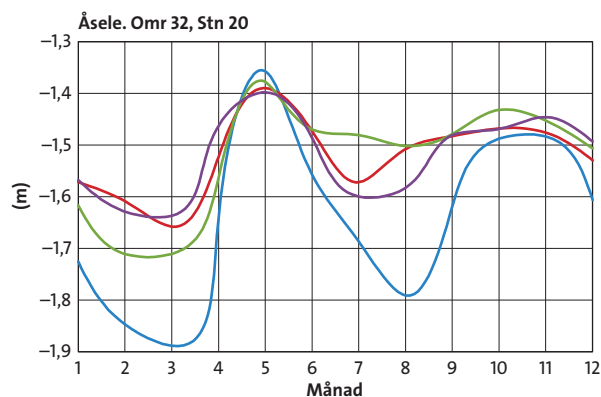
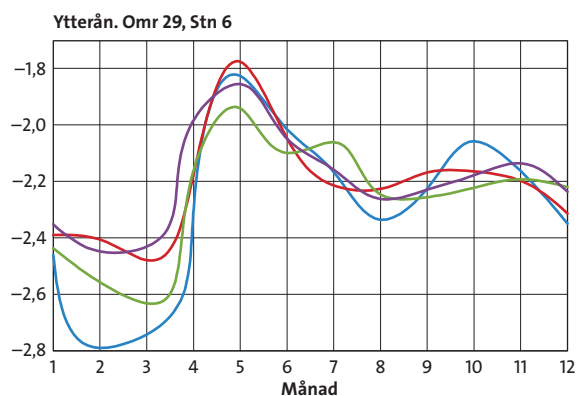
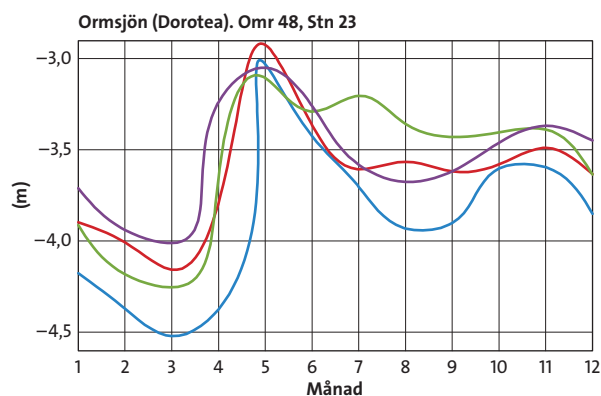
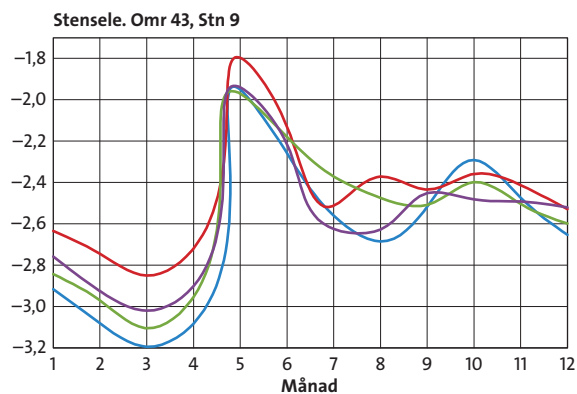
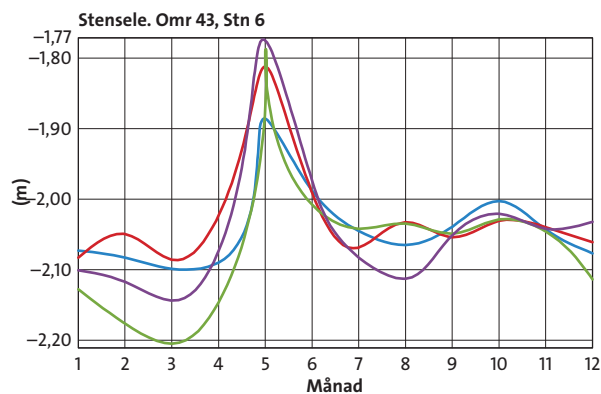




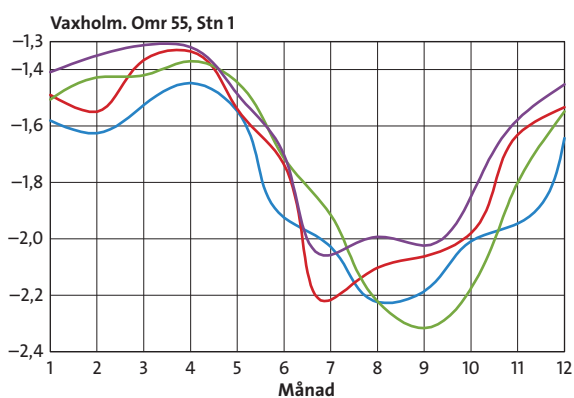
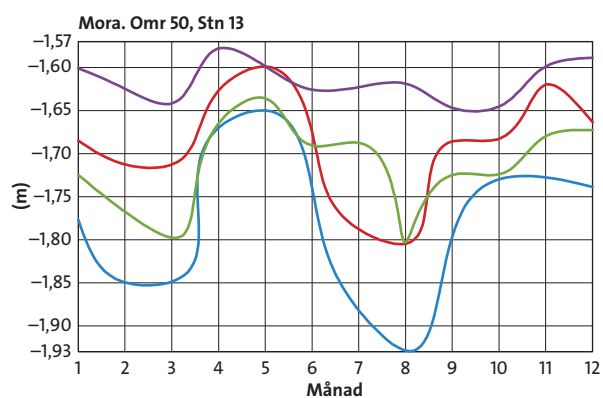
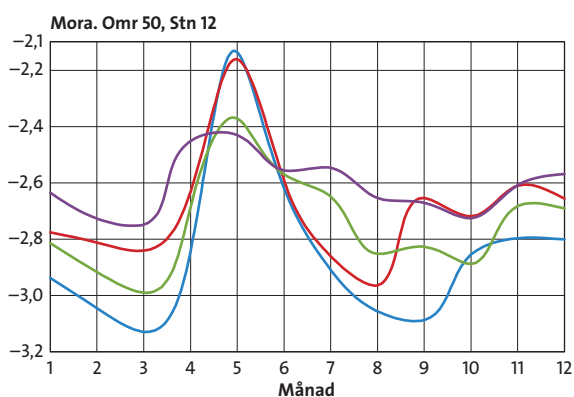
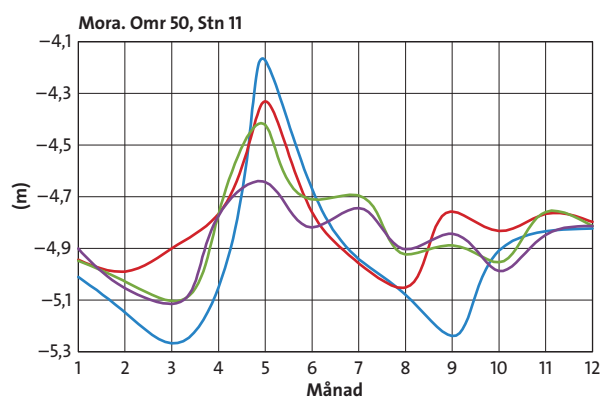
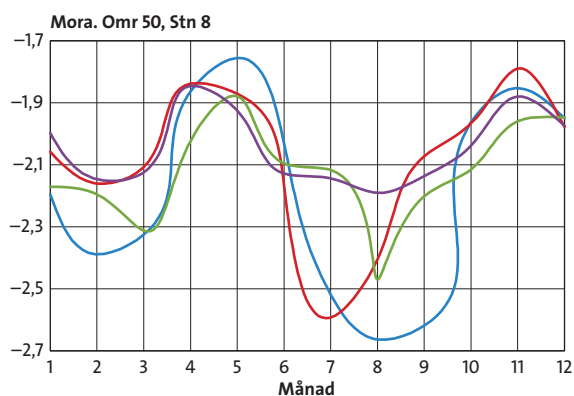
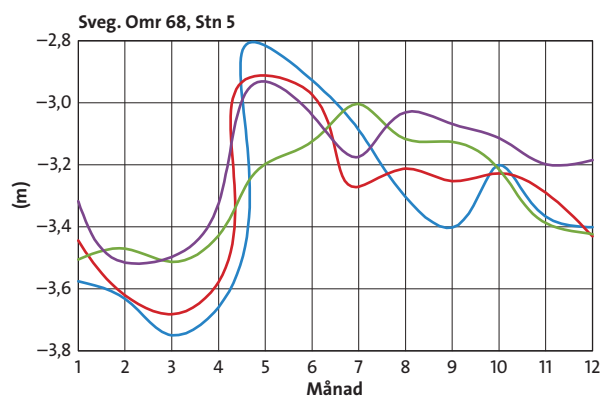
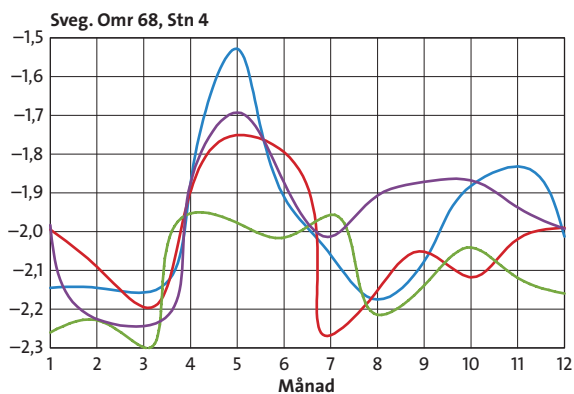
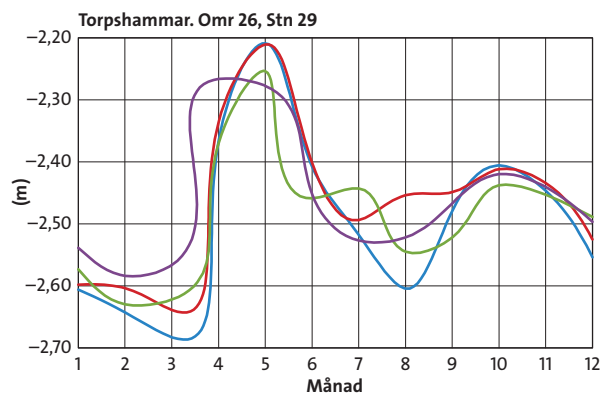
BILAGA 2

Månadsmedelnivåer för respektive station.

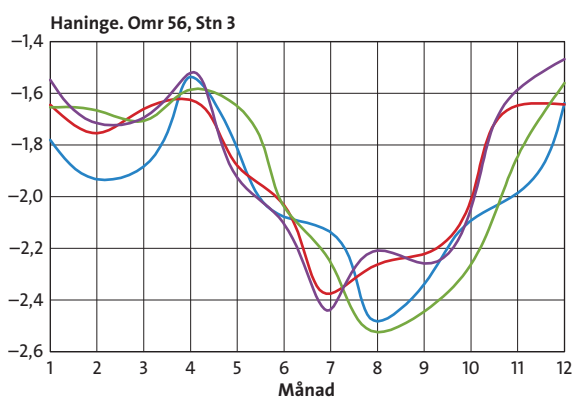
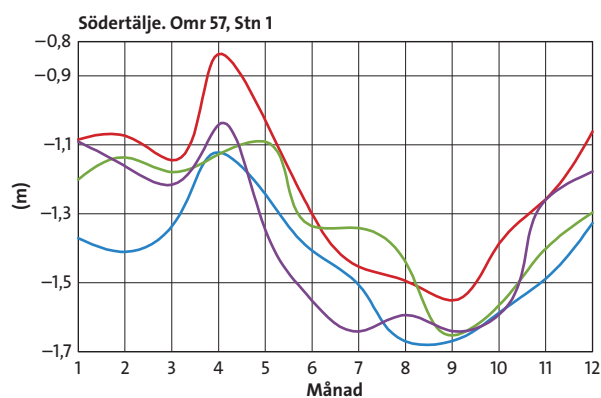
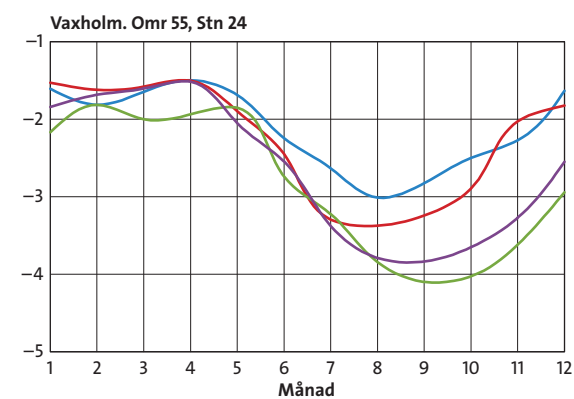
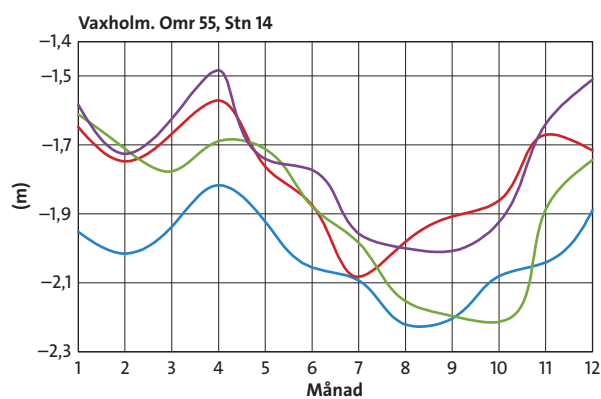
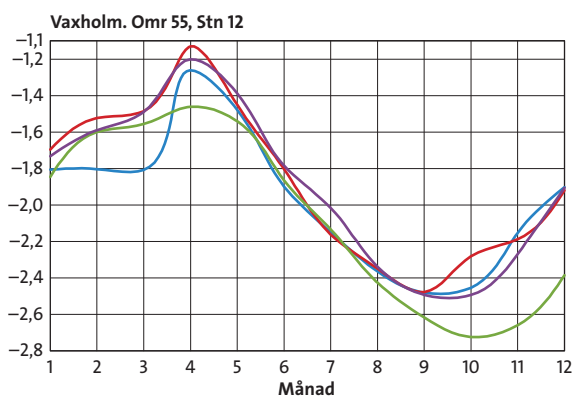
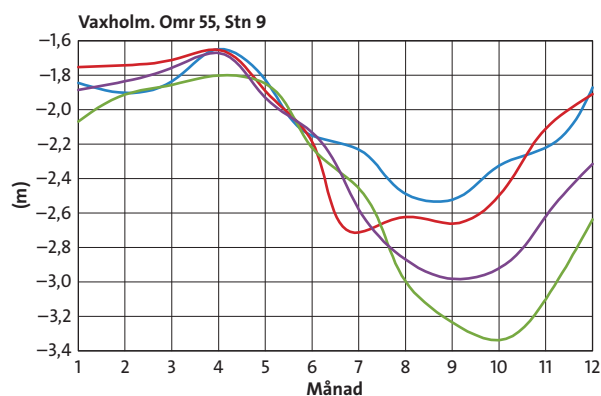
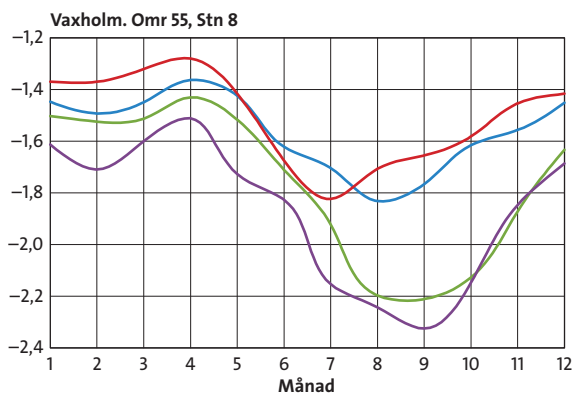
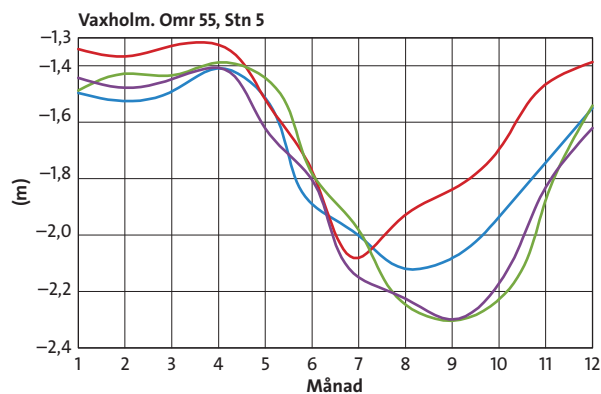




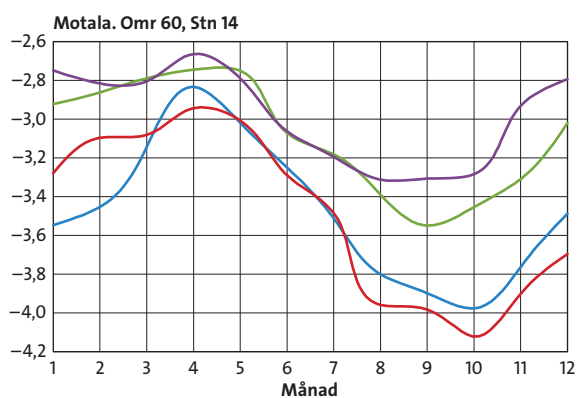
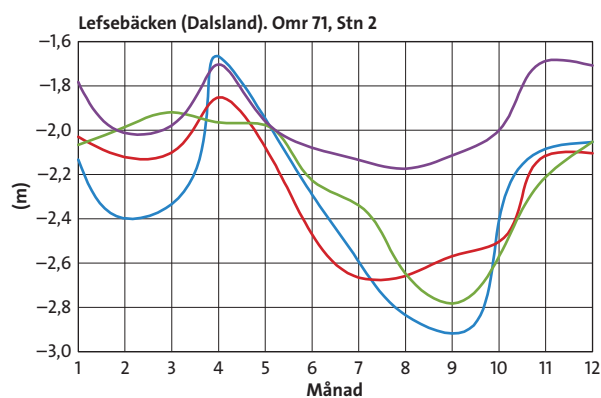
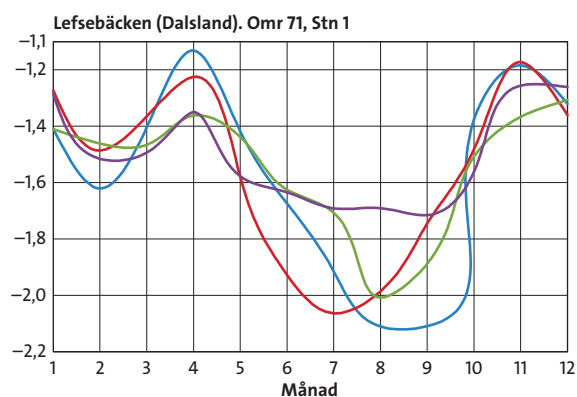
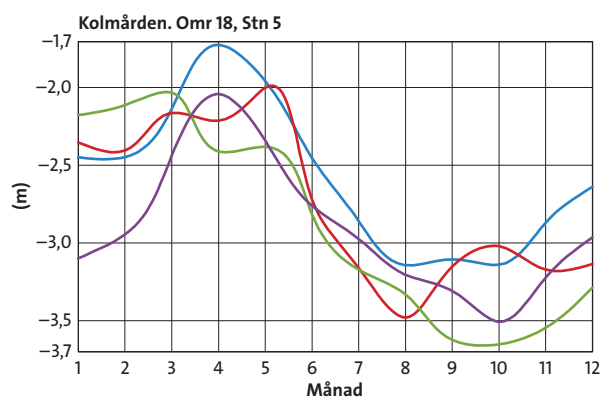
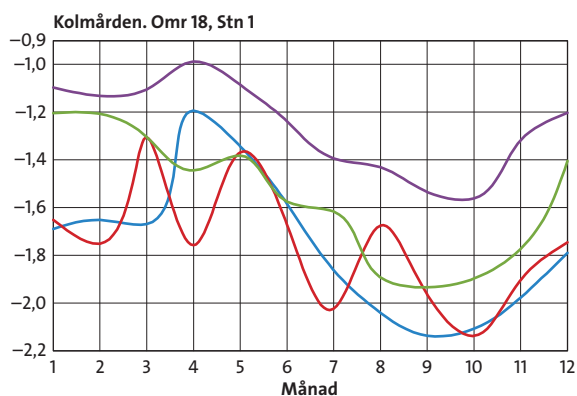
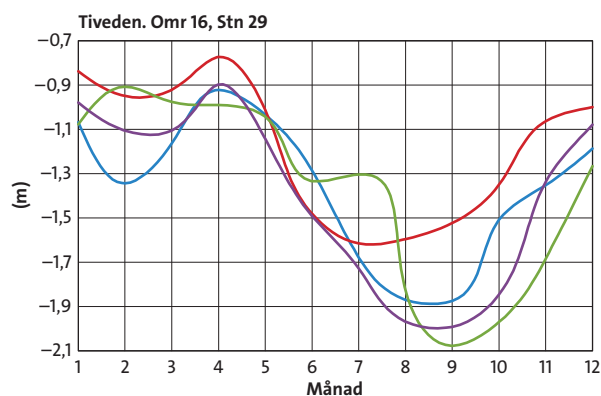
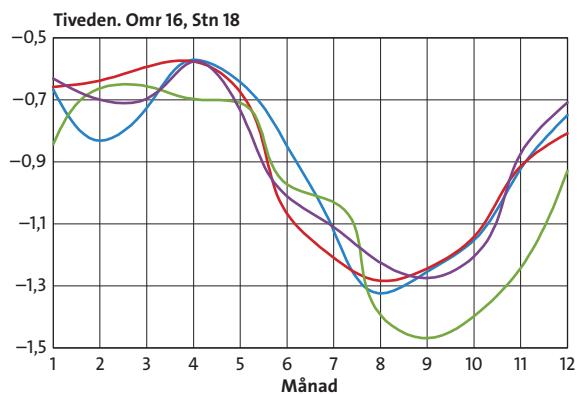
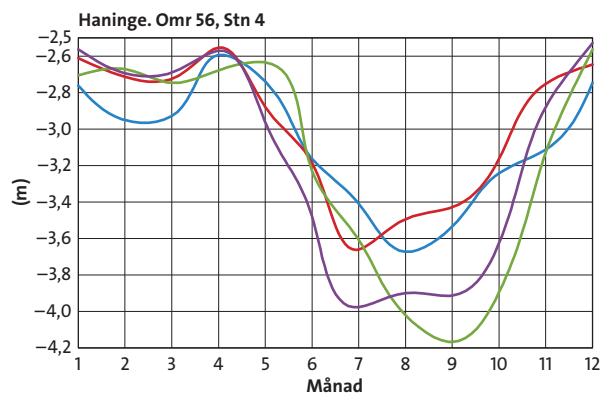
— 1975–1984 — 1995–2004
— 1985–1994 — 2005–2014



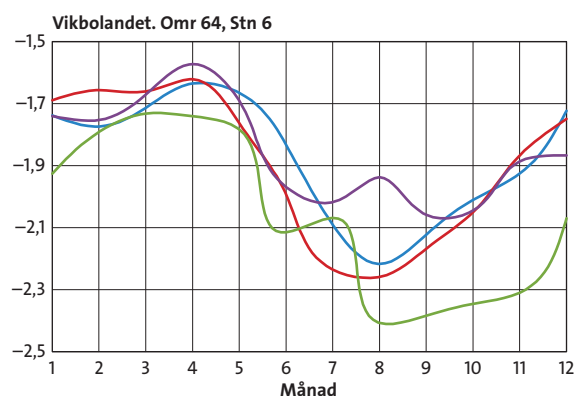
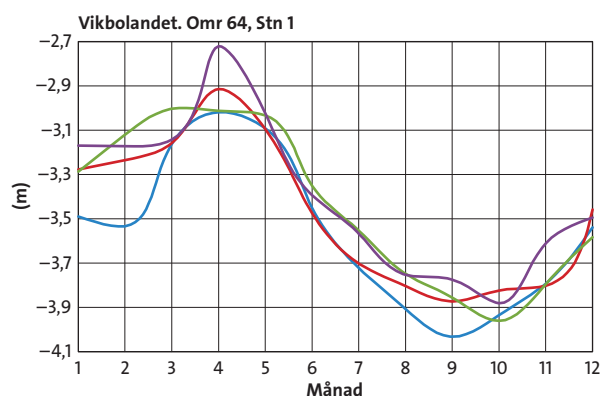
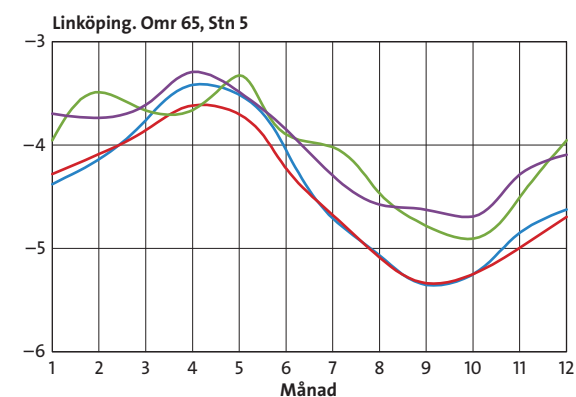
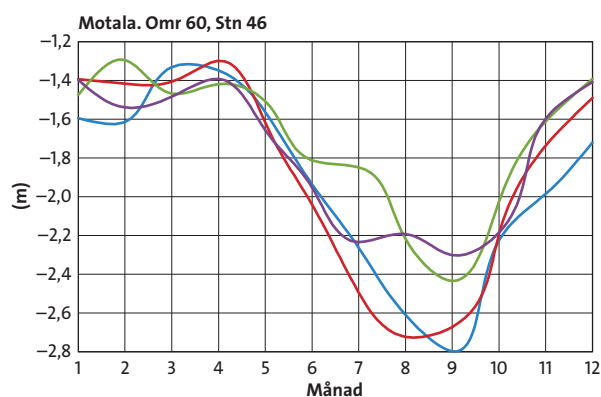
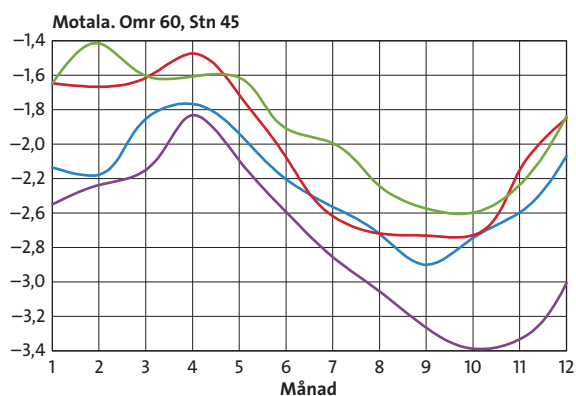
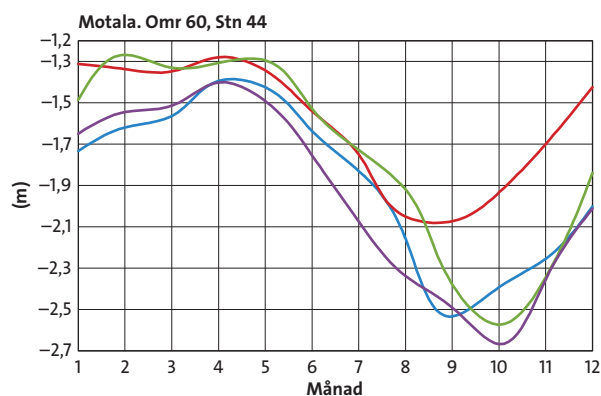
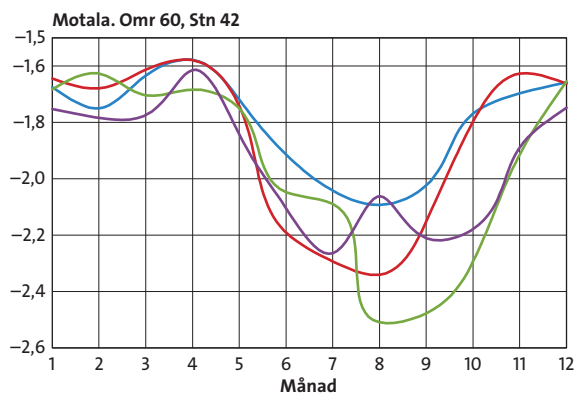
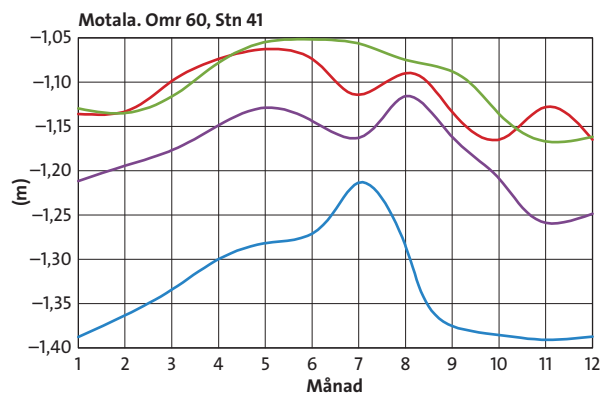
— 1975–1984 — 1995–2004
— 1985–1994 — 2005–2014



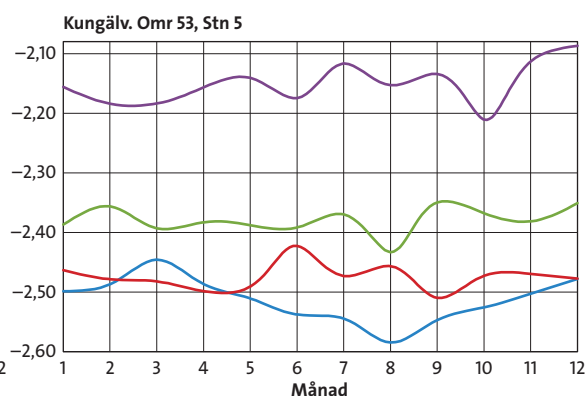
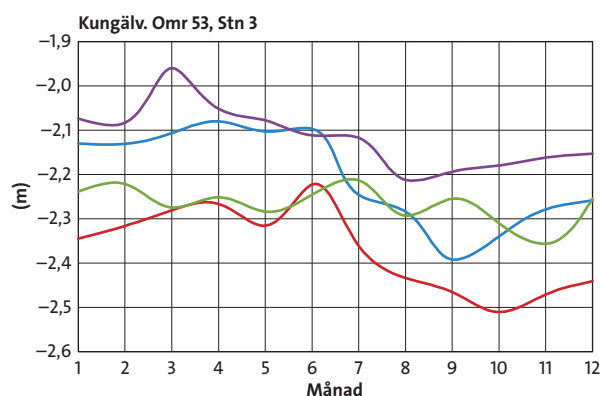
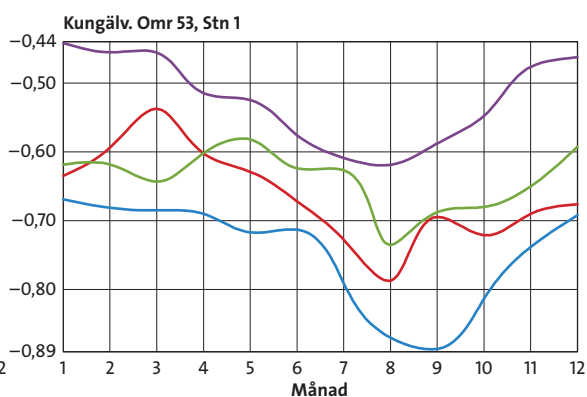
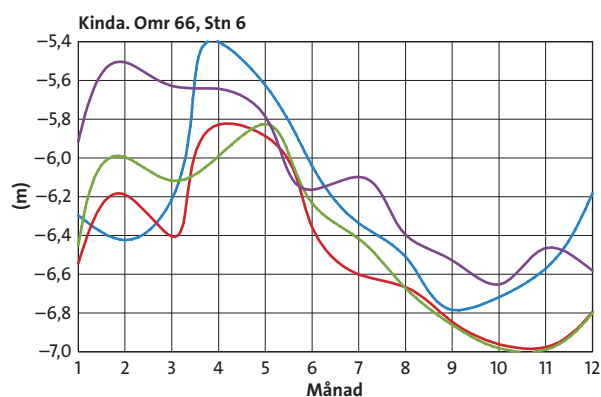
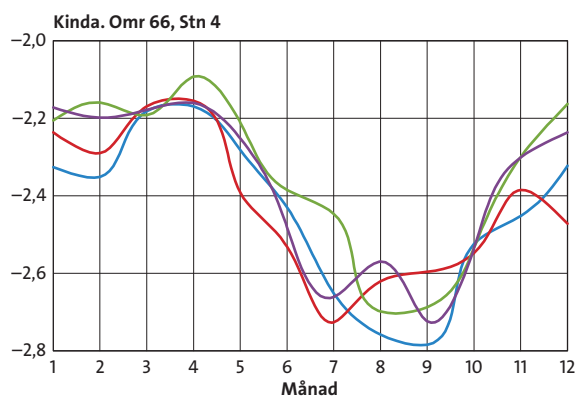
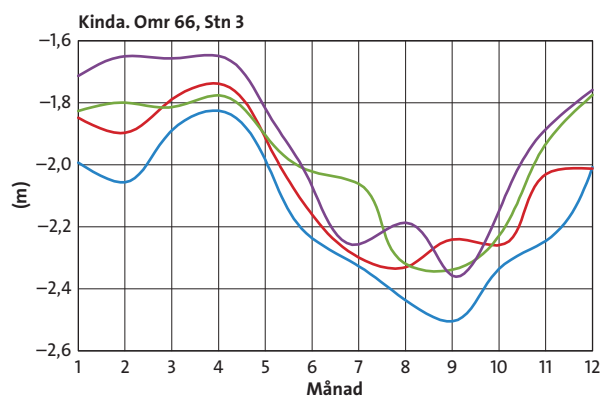
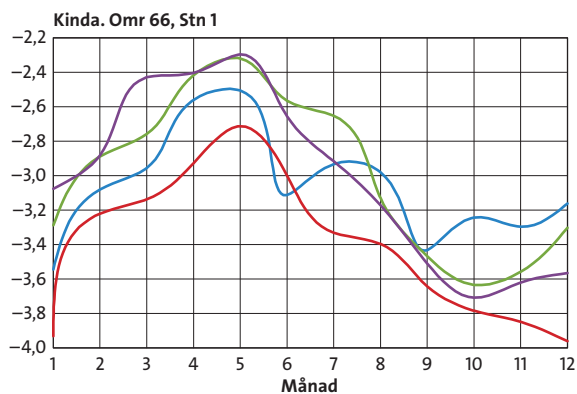
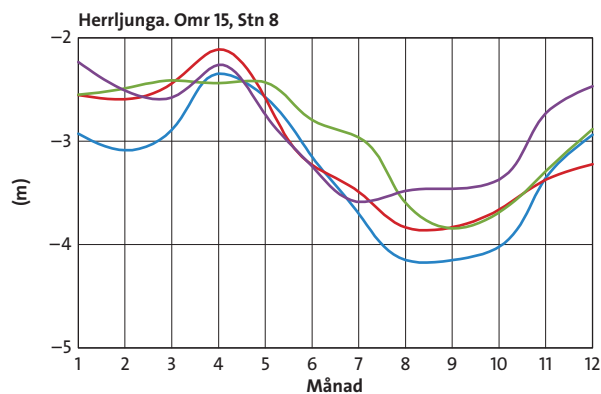
— 1975–1984 — 1995–2004
— 1985–1994 — 2005–2014



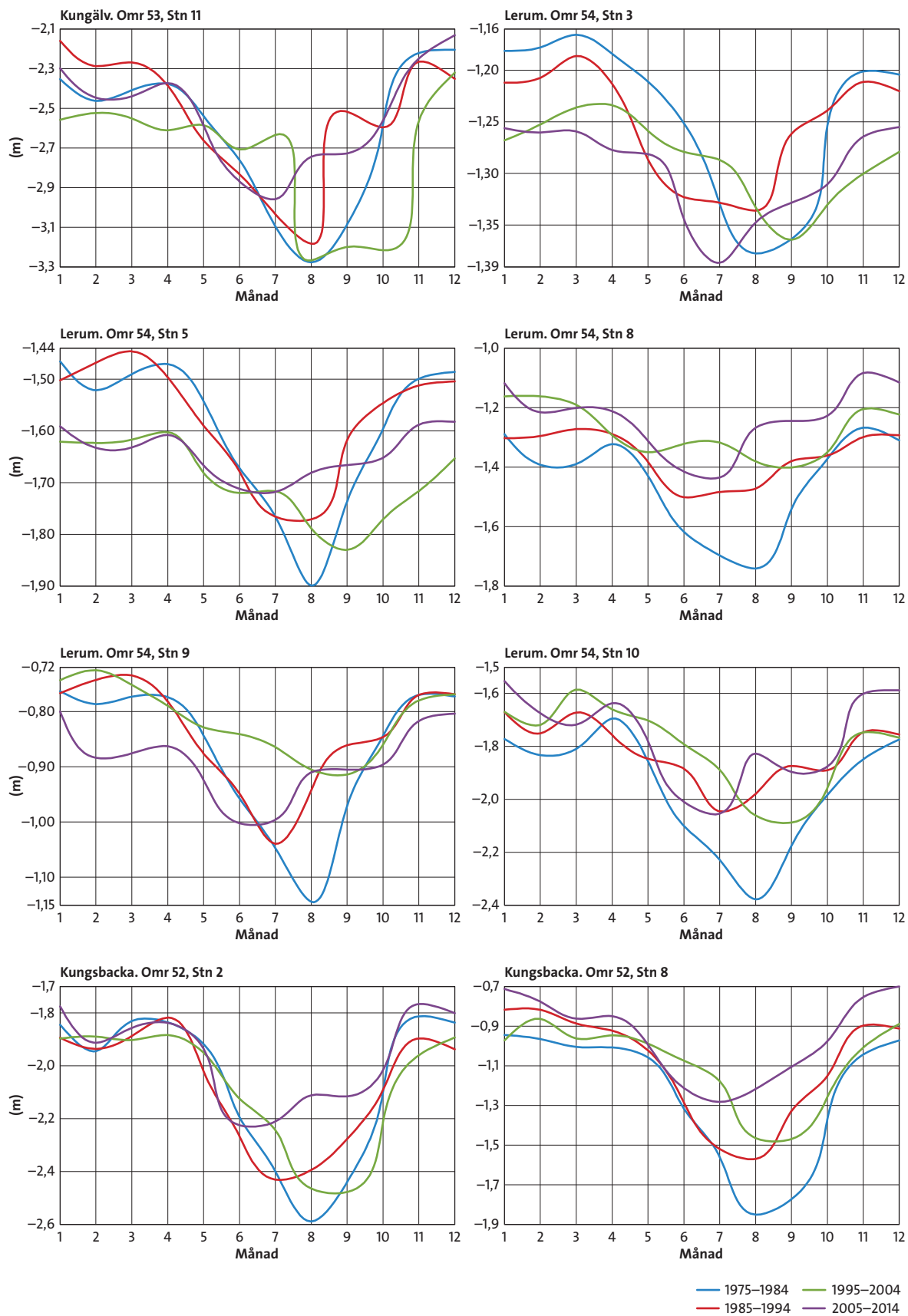
— 1975–1984 — 1995–2004
— 1985–1994 — 2005–2014

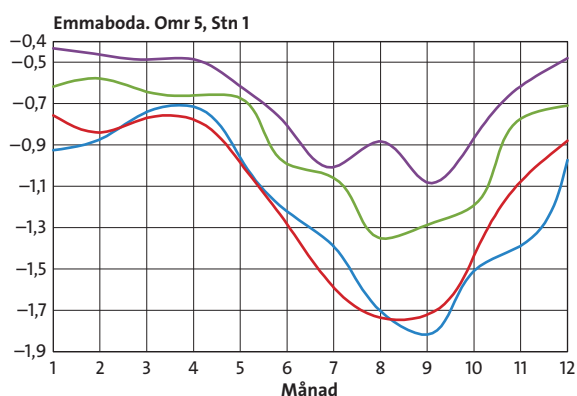
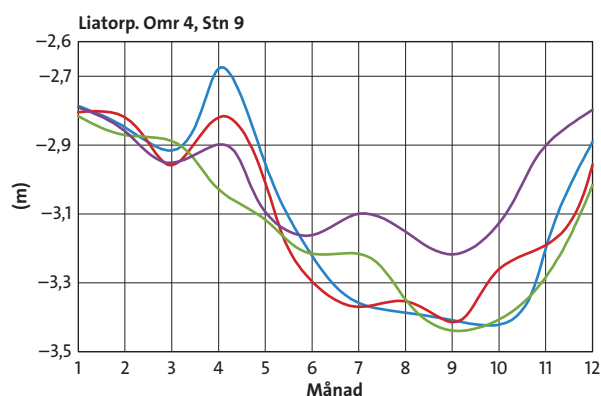
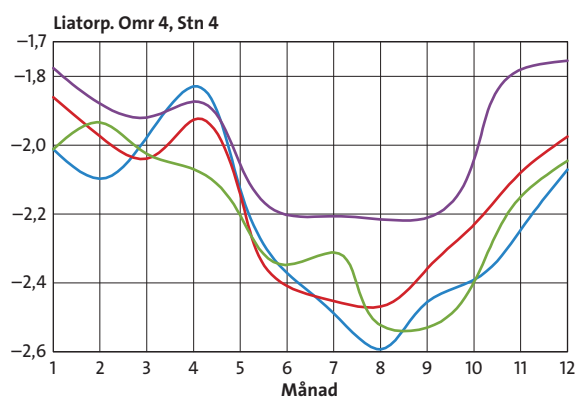
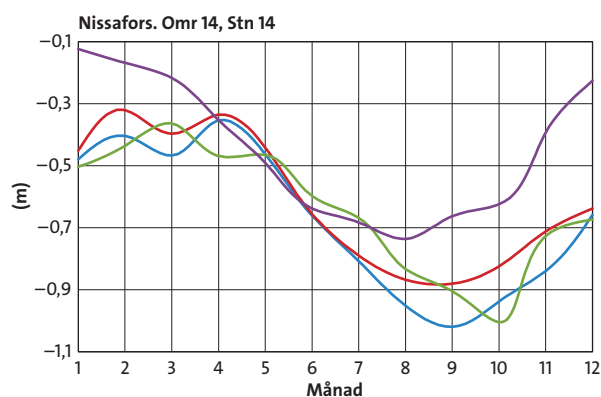
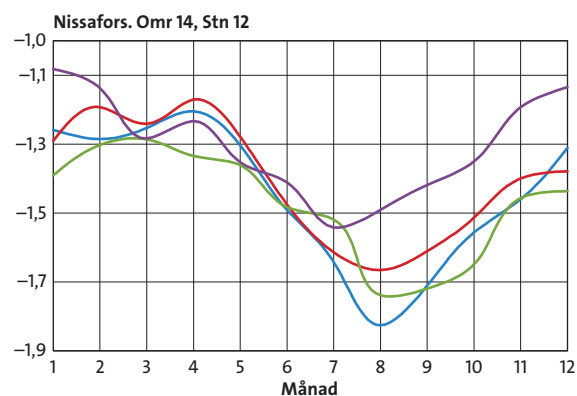
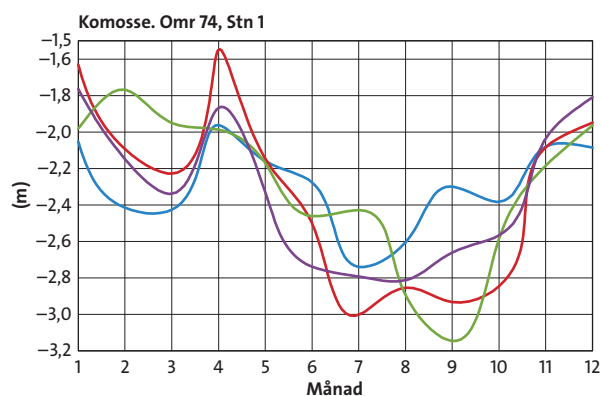
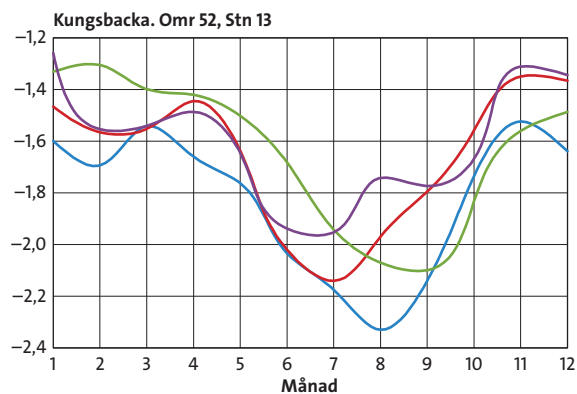
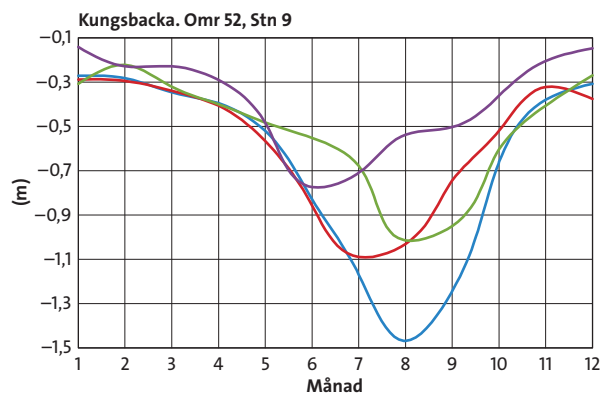


— 1975–1984 — 1995–2004
— 1985–1994 — 2005–2014



— 1975–1984 — 1995–2004
— 1985–1994 — 2005–2014





— 1975–1984 — 1995–2004
— 1985–1994 — 2005–2014