

Klimatförändringar och dricksvattenförsörjning

Delbetänkande av Dricksvattenutredningen

Stockholm 2015



STATENS OFFENTLIGA
UTREDNINGAR

SOU 2015:51

SOU och Ds kan köpas från Fritzes kundtjänst.
Beställningsadress: Fritzes kundtjänst, 106 47 Stockholm
Ordertelefon: 08-598 191 90
E-post: order.fritzes@nj.se
Webbplats: fritzes.se

För remissutsändningar av SOU och Ds svarar Fritzes Offentliga Publikationer på uppdrag av Regeringskansliets förvaltningsavdelning.

Svara på remiss – hur och varför.

Statsrådsberedningen, SB PM 2003:2 (reviderad 2009-05-02)

En kort handledning för dem som ska svara på remiss. Häftet är gratis och kan laddas ner som pdf från eller beställas på regeringen.se/remiss.

Layout: Kommittéservice, Regeringskansliet.

Omslag: Elanders Sverige AB.

Tryck: Elanders Sverige AB, Stockholm 2015.

ISBN 978-91-38-24301-5

ISSN 0375-250X

Till statsrådet Sven-Erik Bucht

Regeringen beslutade den 18 juli 2013 (dir. 2013:75) att tillkalla en särskild utredare för att gå igenom dricksvattenområdet, från råvatten till tappkran för allmänt dricksvatten med syfte att identifiera nuvarande och potentiella utmaningar för en säker dricksvattenförsörjning i landet, på kort och lång sikt. Uppdraget omfattade också att i förekommande fall föreslå lämpliga åtgärder. Genom tilläggsdirektiv den 28 maj 2014 (dir. 2014:73) fördjupades uppdraget i vissa avseenden samt förlängdes utredningstiden så att slutredovisning av uppdraget ska ske senast den 29 april 2016. I enlighet med uppdraget avlämnades delbetänkandet *Material i kontakt med dricksvatten – myndighetsroller och ansvarsfrågor* (SOU 2014:53) i juli 2014. Genom tilläggsdirektiv den 7 maj 2015 (dir. 2015:54) beslutade regeringen att den del av utredningens arbete som avser att lämna en uppdaterad analys av klimatförändringarnas framtida effekter på dricksvattenförsörjningen och vilka risker detta medför, ska redovisas i ett särskilt delbetänkande senast den 1 juni 2015.

Ståthållaren, numera landshövdingen Gunnar Holmgren förordnades den 24 juli 2013 som särskild utredare.

Som experter i utredningen förordnades den 13 december 2013 hydrologen Anna Eklund, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, enhetschefen Peder Eriksson, Länsstyrelsen i Örebro län, handläggaren Tove Göthner, Sveriges Kommuner och Landsting, utredaren Susanna Hogdin, Havs- och vattenmyndigheten, utvecklingsledaren Kerstin Hugne, Boverket, verkställande direktören vid Sydsvatten Jörgen Johansson, Svenskt Vatten, handläggaren Margareta Nisser-Larsson, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, dricksvattensamordnaren Per-Erik Nyström, Livsmedelsverket, avdelningschefen Göran Risberg, Sveriges geologiska undersökning, kansliråden Kierstin Petersson Grawé, Landsbyggsdepartementet och Anna Torvestig, Miljödepartementet samt biträdande regionchefen Åsa Wolgast Broberg, Lantbrukarnas Riksförbund.

Den 13 december 2013 förordnades även att ingå i särskild referensgrupp departementssekreteraren Lotta Lewin Pihlblad, Näringsdepartementet, kansliråden Ulf Eliasson, Försvarsdepartementet och Elin Häggqvist, Landsbyggsdepartementet, ämnesrådet Anna Josefsson, Miljödepartementet, kansliråden Johan Krabb, Socialdepartementet, Kierstin Petersson Grawé, Landsbyggsdepartementet, Anna Torvestig, Miljödepartementet och Katarina Sundberg, Finansdepartementet. Som ytterligare referenspersoner utsågs den 8 maj 2014 kanslirådet Anna Kessling, Socialdepartementet samt departementssekreteraren Johan Loock, Socialdepartementet.¹ Anna Kessling entledigades fr.o.m. den 14 oktober 2014. Samma dag förord-

¹ Departementsombildningen 2015 har i vissa fall därefter inneburit nya departementstillhörigheter för utredningens experter och referenspersoner.

nades miljöjuristen Joanna Cornelius, Naturskyddsföreningen som referensperson i utredningen. Miljöjuristen Rebecca Nordenstam förordnades som hennes ersättare under perioden fr.o.m. den 16 februari t.o.m. den 30 juni 2015.

Som sekreterare förordnades Ida Lindblad Hammar den 23 september 2013 och som huvudsekreterare Folke K Larsson den 1 oktober 2013. Ulrika Askling förordnades som sekreterare i utredningen den 21 oktober 2013.

Utredningen, som antagit namnet Dricksvattenutredningen, överlämnar härmed sitt delbetänkande *Klimatförändringar och dricksvattenförsörjning* (SOU 2015:51).

Stockholm i maj 2015

Gunnar Holmgren

/Folke K Larsson
Ulrika Askling
Ida Lindblad Hammar

Innehåll

Förkortningar och definitioner.....	7
Sammanfattning	15
1 Uppdraget	19
1.1 Direktiv	19
1.2 Utgångspunkter.....	20
1.3 Utredningens arbete.....	21
1.4 Betänkandets disposition	22
2 Klimatanalys för Sverige.....	23
2.1 Framtidsscenarioer – huvudsakliga resultat och slutsatser	23
2.1.1 Temperatur	24
2.1.2 Nederbörd	25
2.1.3 Vattentillgång och flöden	26
2.1.4 Havsnivå.....	29
2.2 Kvalitetssäkring av analysdata.....	30
3 Grundvattennivåer i ett förändrat klimat.....	31
3.1 Utgångspunkter för beräkningarna.....	31
3.2 Observerade förändringar i grundvattennivåer.....	32
3.3 Förväntade förändringar av grundvattennivåer fram till 2100.....	32
4 Klimateffekter på yt- och grundvattenkvalitet.....	35
4.1 Dricksvattenförsörjning – ett klimat känsligt system.....	35
4.2 Nulägesbeskrivning	38
4.3 Temperatur	39
4.3.1 Vattentemperatur	40
4.3.2 Värmeböljor.....	40
4.3.3 Brand.....	41

4.4	Nederbörd, vattentillgång och flöden.....	42
4.4.1	Översvämningar	43
4.4.2	Vattenbrist	48
4.4.3	Skred och ras	48
4.4.4	Kemiska risker.....	51
4.4.5	Mikrobiologiska risker.....	52
4.5	Havsnivå.....	57
4.5.1	Havsnivåhöjningar	57
4.5.2	Saltvatteninträngning i grundvattnet	58
4.6	Vattenförekomster och beredningsarbete	58
4.6.1	Dricksvattenförsörjning baserad på ytvatten	59
4.6.2	Dricksvattenförsörjning baserad på grundvatten.....	60
4.6.3	Beredning av dricksvatten.....	63
5	Forskning och utveckling kring klimat och dricksvatten	69
5.1	Aktörer.....	69
5.2	Aktuella satsningar	70
5.3	Fortsatta behov.....	73

Bilagor

Bilaga 1	Kommittédirektiv 2013:75
Bilaga 2	Kommittédirektiv 2014:73
Bilaga 3	Kommittédirektiv 2015:54
Bilaga 4	Referensgrupp för klimat och dricksvatten
Bilaga 5	Sveriges klimat 1860–2014
Bilaga 6	Sveriges framtida klimat
Bilaga 7	Grundvattennivåns tidsmässiga variationer i morän och jämförelser med klimatscenarioer
Bilaga 8	Grundvattennivåer i ett förändrat klimat

Förkortningar och definitioner

Akvifer	Ett lager av geologiska material som är tillräckligt porösa och genomsläppliga för att medge ett betydande flöde eller uttag av grundvatten. I en akvifer kan det finnas ett eller flera grundvattenmagasin. En akvifer kan vara öppen eller en sluten. I en öppen akvifer sammanfaller grundvattenytan med grundvattenzonens övre gräns.
Antropogen	Påverkad, skapad eller orsakad av människan.
Avrinning	Vattenflödet från ett område i naturen som orsakas av nederbörd
Avrinningsområde	Det landområde, inklusive sjöar, som avvattnas via samma vattendrag. Området avgränsas av topografin som skapar vattendelare gentemot andra avrinningsområden. Begreppet tillrinningsområde avser endast landområdet.
Dricksvatten	Allt vatten som, antingen i sitt ursprungliga tillstånd eller efter beredning, är avsett för dryck, matlagning eller beredning av livsmedel, oberoende av dess ursprung och oavsett om det tillhandahålls genom en distributionsanläggning, från tankar, i flaskor eller i behållare, och allt vatten som används i ett livsmedelsproducerande företag för tillverkning, bearbetning konservering eller saluhållande av varor eller ämnen som är avsedda som livsmedel, om inte företaget kan visa kontrollmyndigheten att vattnets kvalitet inte kan påverka de färdiga livsmedlens hälsosamhet (dricksvattenföreskrifterna).
Dricksvattenförekomst	En grund- eller ytvattenförekomst som används för dricksvattenuttag eller som är avsedd för sådan framtida användning.

Dricksvattenföreskrifterna	Livsmedelsverkets föreskrifter (SLVFS 2001:30) om dricksvatten.
GDP	Good Disinfection Practice, God desinfektionspraxis, en modell för att avgöra om reningsprocessen är tillräcklig för viss råvattenkvalitet.
Grundvatten	Allt vatten som finns under markytan i den mätade zonen.
Grundvattenförekomst	Grundvattnet i ett grundvattenmagasin. Det kan beskrivas som en avgränsad volym grundvatten i en eller flera akviferer.
Grundvattenmagasin	En hydrauliskt sammanhängande del av en geologisk formation, t.ex. en rullstensås.
Grundvattenregim	Grundvattennivåns normala variationsmönster under året. Regimen beror på grundvattenbildningens variationer under året och grundvattenmagasinets egenskaper.
Grundvattenzon	Den del av en geologisk formation där porutrymmet helt är fyllt med vatten och där portrycket är lika med eller större än atmosfärstrycket. Synonymt med markens nedre, mättade zon. Zonen minskar när växter tar upp vatten ur marken, vatten avdunstar vid markytan eller vattennivån sänks genom dränering, dvs. grundvattennivån sänks. När grundvattenbildningen är större än grundvattnets avrinning ökar zonen, dvs. grundvattennivån höjs.
HACCP	Hazard Analysis of Critical Control Points, ett system för att identifiera, bedöma och styra faror som är viktiga för livsmedelssäkerheten. På svenska oftast benämnt faroanalys och kritiska styrpunkter.
Humus, humusämnen	Mörkfärgade organiska (innehåller kol) substanser från döda växter och djur i jorden och i torv, som inte brutits ner fullständigt. Dessa kan vid urlakning färga vattnet. Under nedbrytningsprocessen frigörs näringsämnen som varit bundna i det organiska materialet.

Hydrologisk modell	Beskriver vattentillgång och flöden och har vanligen beräkningsrutiner för markfuktighet, snöackumulation, snösmältning och grundvatten samt beskriver vattnets väg i avrinningsområdet.
Hydrologisk regim	Kvalitetsfaktorn hydrologisk regim avspeglar förändringar som uppstår naturligt eller av mänsklig verksamhet och beskrivs av det hydrologiska tillstånd en vattenförekomst har när det gäller flödesvolym, flödesdynamik och tillgänglig flödesenergi.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, FN:s klimatpanel.
Klimat	En beskrivning av vädrets långsiktiga egenskaper mätt med statistiska mått. De genomsnittliga förhållandena i atmosfären och haven, t.ex. temperatur, luftfuktighet, lufttryck, vind, nederbörd och havsis över längre tidsperioder.
Klimatanpassning	Den anpassning av samhällets funktioner som blir nödvändiga när klimatet förändras. Den anpassning av samhällets funktioner som blir nödvändiga när klimatet förändras.
Klimatförändringar	Förändringar av klimatet som kan identifieras genom förändring av medelvärde och/eller extremvärden och som kvarstår under längre tid, vanligen decennier eller längre. Det finns både naturliga och antropogena klimatförändringar.
Markfuktighet	I marken finns vatten och mängden varierar. Markfuktighet är ett mått på markens vatteninnehåll i den omättade zonen.
Markvatten	Det vatten som finns i marken ovanför grundvattnenytan. Detta övre område i marken kallas den omättade zonen eller markvattenzonen, där finns inte bara vatten utan också luft i porerna mellan jordpartiklarna.
Miljömålssystemet	Utgörs av mål och organisation för genomförande och uppföljning. Består av ett generationsmål för inriktning av den samhällsomställning som krävs samt 16 miljökvalitetsmål med preciseringar och etappmål.

MRA	Microbial Risk Assessment, mikrobiologisk riskanalys. QMRA står för Quantitative Microbial Risk Assessment.
Omättad zon	Se markvatten.
Patogen	Sjukdomsframkallande mikroorganism.
Ramdirektivet för vatten	Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område (EGT L 327, 22.12.2000, s. 1, Celex 32000L0060).
RCP	Möjliga utvecklingsvägar för strålningsdrivningen med det gemensamma namnet ”representativa koncentrationsutvecklingsbanor” från engelskans ”Representative Concentration Pathways”. RCP:erna är namngivna efter den nivå av strålningsdrivning som uppnås år 2100.
Recipient	Vattenförekomst dit renat eller orenat avlopps- och dagvatten leds.
Referensperiod	SMHI använder oftast referensperioden 1961–1990 för att definiera dagens klimat. Nya observationer jämförs med medelvärdet för 1961–1990 för att säga hur de avviker från det normala.
Resiliens	Kapaciteten hos sociala, ekonomiska eller miljörelaterade system att hantera en farlig händelse, trend eller störning, genom en reaktion eller en omorganisering på ett sätt som bevarar systemens grundläggande funktion, egenart och struktur.
Risk	En sammanvägning av sannolikheten för en viss oönskad händelse och omfattningen av konsekvenserna om den inträffar.
Råvatten	Grund- eller ytvatten som är avsett att efter beredning användas till dricksvatten.

Saltvatten	Vatten betraktas som saltvatten så snart det innehåller så stora mängder salter att det inte är tjänligt som dricksvatten. Den gränsen går redan vid en salthalt av 0,5 psu (tidigare uttryckt som promille). Vatten med en salthalt under 30 psu betecknas som brackvatten.
Scenario	Beskrivning av en möjlig framtid.
Skiktning	Då vattenmassor med olika salthalt eller olika temperatur bildar lager eller skikt i en sjö eller ett havsområde. Ett språngskikt betecknar ett gränsskikt mellan sådana vattenmassor.
Strålningsdrivning	Strålningsdrivningen utgör skillnaden mellan hur mycket energi solstrålning som träffar jorden innehåller och hur mycket energi som jorden strålar ut i rymden igen. Denna energi mäts i enheten watt per kvadratmeter, W/m ² .
Sårbarhet	Ett systems inneboende förmåga att hantera yttre påfrestning.
Tillrinningsområde	Se avrinningsområde.
Turbiditet	Grumlighet.
VAKA	Den av Livsmedelsverket samordnade Vattenkatastrofgruppen.
Vattenskyddsområde	Ett områdesskydd för en grund- eller ytvattentillgång som utnyttjas eller kan antas komma att utnyttjas för vattentäkt. Området avgränsas geografiskt och restriktioner för verksamhet inom området preciseras i föreskrifter.
Vattentäkt	Begreppet vattentäkt, definieras i 11 kap. miljöbalken, som bortledning av ytvatten eller grundvatten för vattenförsörjning, värmeutvinning eller bevattning. Möjligheten att förklara ett mark- eller vattenområde som vattenskyddsområde är också begränsad till vattentäkter. Lagstiftningen använder således begreppet som ett verb. Vattentäkt kan även användas som ett substantiv med betydelsen vattentillgång respektive anläggning för tillgodogörande av vatten. Utredningen använder för sin del begreppet i betydelsen vattentillgång för dricksvattenförsörjning.

Vattentäktssarkivet	Av Sveriges geologiska undersökning förvaltdatabas över landets allmänna och större enskilda vattentäkter med angivna kvalitetsdata och andra egenskaper.
Vattenuttag	Det faktiska bortledande eller utnyttjande av vatten från en vattenförekomst.
VISS	VattenInformationSystem Sverige, nationell databas med uppgifter om i vattenförvaltningen angivna vattenförekomster, bland annat avseende statusklassificeringar, miljökvalitetsnormer, övervakning, riskbedömningar och olika vattenmiljöbedömningar.
WHO	World Health Organization, Världshälsoorganisationen.
WSP	Water Safety Plan (framtagen av WHO), en säkerhetsplan för dricksvatten som stöd för att på ett systematiskt sätt arbeta med att säkerställa dricksvattenkedjan.
Växthusgaser	Atmosfären som omger jorden har förmågan att fördela energin från solen så att jordytan blir varmare än vad den skulle varit om atmosfären inte fanns. Den s.k. naturliga växthuseffekten bygger på naturlig förekomst av en viss mängd vattenånga och koldioxid i atmosfären. Vattenånga och koldioxid är de viktigaste växthusgaserna. Atmosfärens sammansättning har sedan den förindustriella tiden successivt förändrats på grund av mänsklig aktivitet. De vanligaste antropogent påverkade växthusgaserna är koldioxid, metan, dikväveoxid (lustgas) och ozon, men även en rad industrigaserna spelar roll.
Ytvattenförekomst	En avgränsad och betydande vattenförekomst, som t.ex. en sjö, å, älv eller kanal, ett vattenområde i övergångszon eller ett kustvattenområde.

Årstid	Anges i detta delbetänkande som vinter (dec–feb), vår (mars–maj), sommar (juni–aug) och höst (sep–nov).
100-årsvärde	Ett 100-årsvärde, t.ex. 100-årsregn eller 100-årsflöde, har en återkomsttid på 100 år. Det uppnås eller överträffas i genomsnitt en gång på 100 år vilket innebär att sannolikheten är 1 procent varje enskilt år. Eftersom man exponerar sig för risken under flera år blir den ackumulerade risken avsevärt större. För en konstruktion vars livslängd beräknas till 100 år blir den ackumulerade risken hela 63 procent att 100-årsvärdet överskrids någon gång under 100 år.

Sammanfattning

Uppdraget

Dricksvattenutredningens övergripande uppgift är att gå igenom dricksvattenområdet, från råvatten till tappkran för allmänt dricksvatten. Syftet är att identifiera nuvarande och potentiella utmaningar för en säker dricksvattenförsörjning på kort och lång sikt. Uppdraget betonar särskilt klimatförändringarnas betydelse och de krav på anpassningar och förändrade förhållningssätt som kan behövas beträffande dricksvattenfrågorna.

Dricksvattenutredningen lämnar i detta delbetänkande en uppdaterad analys av klimatförändringarna i Sverige under återstoden av detta sekel, med de risker för dricksvattenförsörjningen som kan förutses. Det gäller en rad pågående och framtida effekter på vattenförekomster, berednings- och distributionssystem för dricksvatten. Delbetänkandet utgör ett kunskaps- och planeringsunderlag, som i slutbetänkandet 2016 kommer att följas upp med utredningens samlade överväganden och förslag.

Framtida klimatförändringar

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI, har för Dricksvattenutredningens räkning tagit fram en klimatanalys för parametrar som är relevanta för dricksvattenförsörjningen. De övergripande resultaten för perioden fram mot sekelskiftet 2100 sammanfattas i nedanstående tabell.

Parameter	Förändring
Lufttemperatur	Ökning i hela landet, främst i norra Sverige, främst vintertid.
Medelnederbörd	Ökning i hela landet, främst i Norrlands inland, främst vinter och vår.
Kraftig korttidsnederbörd	Ökning i hela landet, främst för de korta varaktigheterna.
Vattentillgång	Ökning av årsmedel i hela landet förutom östra Götaland. Ökningen är störst på vintern. Minskning på sommaren, främst i östra Götaland.
100-årsflöde och 200-årsflöde	Ökning i stora delar av landet. Minskning i Norrlands inland och norra kustland samt nordvästra Svealand.
Lågflöden	Mer vanligt i Götaland och Svealand, främst östra Götaland.
Havsvattennivåer	Stigande havsnivå, nettoökningen störst i södra Sverige.

Resultaten bygger på de klimatscenarier som använts av FN:s klimatpanel i dess femte utvärdering (AR5). Två scenarier för framtida utsläpp av växthusgaser har använts; RCP4.5 som innebär stora framtida utsläpps begränsningar och RCP8.5

som innebär höga utsläpp av växthusgaser i framtiden. I analysen har nio olika globala och en regional klimatmodell använts.

Beräkningarna av framtidens klimat och vattentillgång bygger på nytt underlag och delvis nya förutsättningar jämfört med tidigare analyser som presenterats av SMHI. Sammantaget kvarstår dock de stora dragen i den beräknade förändringen av nederbörd, temperatur och vattenföring från tidigare utredningar. Användningen av RCP8.5-scenariet, med sin höga framtida koncentration av växthusgaser, förstärker effekterna jämfört med tidigare publicerade analyser.

Förändringar av grundvattennivåer

Med klimatberäkningarna och bakomliggande modeller och utsläppsscenarier som grund har Sveriges geologiska undersökning, SGU, beräknat grundvattennivåer i ett framtida klimat. Beräkningar har skett för tidsintervallerna 2021–2050 respektive 2069–2098 för grundvattenmagasin av olika storlek. Resultaten tolkas mot bakgrund av den utvärdering som gjorts av SGU:s sedan 40 år uppmätta nivåserier, vilket ger en bild av de förändringar som kan ses redan i dag.

Grundvattenmagasin kan delas upp i snabbreagerande mindre, respektive långsamreagerande större magasin. Grundvattennivåerna i de snabbreagerande kännetecknas av större årliga variationer än i de långsamreagerande. De snabbreagerande har främst betydelse för den enskilda dricksvattenförsörjningen, medan de långsamreagerande har störst betydelse för den allmänna försörjningen. SGU:s beräkningar visar att grundvattnets årsmedelnivå höjs i större delen av Sverige utom i landets sydöstra delar, där grundvattennivåerna i stället beräknas sjunka. Förändringarna bedöms få störst inverkan på de långsamreagerande magasinerna.

Grundvattnets förväntade lägsta- och högstanivåer för långsamreagerande grundvattenmagasin beräknas stiga i norra Sverige, medan de i stället beräknas sjunka i södra delen av landet. Grundvattnets nivåfluktuationer (skillnad mellan lägsta och högsta nivå) beräknas minska i norra delen av landet, medan de i södra och sydvästra delarna av Sverige beräknas öka. För de mindre magasinerna beräknas dock de södra och sydvästra delarna få i stort sett oförändrade nivåvariationer.

Klimatförändringarna bedöms även påverka årstidsvariationen av grundvattennivåer. Det är främst den nordligaste regimen med en dominerande grundvattenbildning vid snösmältningen som minskar. Nederbörden kommer där i ökad utsträckning som regn, vilket ger ökad grundvattenbildning också under hösten.

Klimat effekter på yt- och grundvattenkvalitet

Klimatförändringarna innebär redan i dag att förutsättningarna för en trygg dricksvattenförsörjning påverkas. Effekterna bedöms bli alltmer uttalade i takt med att klimatförändringarna fortgår. Medeltemperaturhöjning, ökade nederbördsmängder, förändrade mönster för avrinning, avdunstning och grundvattenbildning skapar nya utmaningar. Extrema väderhändelser, som värmeböljor, torka, skyfall, stormar, höga flöden och översvämningar kan liksom havsnivåhöjningar leda till kvantitativa och kvalitativa förändringar av vattnet i de råvattentillgångar som dricksvattenförsörjningen vilar på. Andra effekter som på vissa håll kan upp-

stå är vattenbrist och saltvatteninträngning i vattenförekomster som används för dricksvatten.

Förutom direkta fysiska påfrestningar på dricksvattenförsörjningens infrastruktur kan kemiskt och mikrobiologiskt betingade hälsorisker öka i omfattning. Föroreningar och naturligt organiskt material förs redan i dagsläget via markavrinning från tillrinningsområden ut till sjöar, vattendrag och anknyttande vattentäkter. Klimatförändringar skapar förutsättningar för ökad uttransport till följd av ökad total nederbörd och ökade flöden, mildare vintrar och mer nederbörd vintertid i form av regn och/eller frekventa snösmältningar samt en förlängd odlingssäsong. Förändrad kemisk och mikrobiologisk kvalitet på råvattnet kan därmed bli följden, vilket ökar risken för störningar och kvalitetspåverkan i vattenverken.

Även tillgång och kvalitet på grundvattnet kommer att kunna påverkas. Ökning av vattentillgång och flöden påverkar förhållanden i mark och förutsättningarna för rening i den omättade zonen. Det kan påverka grundvattnets kvalitet och ställer högre krav på vattenverkens beredning.

Cirka hälften av den allmänna dricksvattenförsörjningen vilar på ytvatten. Ytterligare en fjärdedel av försörjningen använder s.k. konstgjort grundvatten, där ytvatten infiltreras ner i grundvattentillgångar som en förstärkning av grundvattnet. Resterande fjärdedel baseras helt på grundvatten, utan konstgjord infiltration. Ytvattenförekomster exponeras i större utsträckning och i regel snabbare än grundvattenförekomster för en rad riskfaktorer. De blir därmed särskilt utsatta för förändrad markanvändning och föroreningskällor inom tillrinningsområdet. Klimatvariabler som luft- och vattentemperaturer får betydelse, liksom intensitet och variation i nederbörd och flöden. Kraftiga regn kopplat till översvämningar ökar riskerna för kemiska och mikrobiella föroreningar i täkterna. Vattendragens flödes hastigheter kan också påverkas med ökade risker för erosion, ras och skred i vissa delar av landet.

Effekterna av klimatförändringar kan i sig innebära att vattenverkens traditionella mikrobiologiska och kemiska barriärer tappar i verkningsgrad. Reningsprocesserna är ofta inte anpassade för att kunna hantera ökade föroreningar. Fortsatt ökande humushalter i råvattnet, främst i södra och mellersta delarna av landet, förväntas också i ökad utsträckning leda till att barriärverkan genom t.ex. klordesinfektion försämras. Framför allt ytvattenverk kan i nuläget bedömas som känsliga för effekterna av pågående klimatförändringar. För grundvattenverk, med mer begränsade skyddsbarriärer i vattenverken, innebär förändringarna också ökande risker.

Redan med dagens klimat förekommer ibland låga vattenflöden och vattenbrist i delar av landet. I framtiden väntas låga flöden förekomma oftare i södra Sverige, främst i östra Götaland. Detta kan leda till brist på dricksvatten.

Forskning och kunskapsutveckling

Dricksvattenförsörjning är en kvalificerad verksamhet av stor samhällskritisk betydelse. En trygg dricksvattenförsörjning utgör en grundläggande allmän nytta i samhället. Funktionaliteten måste upprätthållas på ett tekniskt, miljömässigt och hälsomässigt säkert sätt, löpande och utan avbrott, under överblickbar tid. Klimatförändringarna innebär ökande påfrestningar i hela dricksvattenkedjan, därtill

kommer urbanisering och samhällsomvandling, vilket sammantaget skapar utgångspunkter för arbetet med skydd av råvattenförekomster och utveckling av infrastrukturen för beredning och distribution av dricksvatten. Arbetet vilar på omfattande tidigare erfarenheter men kräver också försörjning med ny kunskap inom en rad forsknings- och utvecklingsområden. Kraven på framförhållning och hantering av nya riskpanoraman förutsätter teknikutveckling och anpassade förhållningssätt i arbetet.

Behoven av ny kunskap spänner över vitt skilda fält som rör skyddet av vattenförekomster, råvattnets biologiska och kemiska förutsättningar, metoder för övervakning och detektion av mikroorganismer och kemiska föroreningar samt tekniker kring beredning och distribution av färdigt dricksvatten. Stat och kommun bidrar tillsammans med branschens företrädare och en rad forskargrupper på olika sätt till arbetet. Kunskapsbehoven är redan i dag omfattande inom flera delområden, samtidigt som förändringarna av klimat och samhälle skapar betydande framtida utmaningar.

1 Uppdraget

1.1 Direktiv

Dricksvattenutredningens övergripande uppgift är att gå igenom dricksvattenområdet, från råvatten till tappkran för allmänt dricksvatten, där syftet är att identifiera nuvarande och potentiella utmaningar för en säker dricksvattenförsörjning på kort och lång sikt. Utredningen ska vid behov föreslå lämpliga åtgärder.

Utredningens uppdrag betonar starkt klimatförändringarnas betydelse för dricksvattenförsörjningen. Redan i dag ställer dessa förändringar krav på betydande anpassningar och förändrade förhållningssätt inom en rad samhällsområden, däribland utformningen av teknisk infrastruktur, byggande och skyddet av strategiska naturresurser. Klimat- och sårbarhetsutredningen redovisade i sitt slutbetänkande 2007, med det kunskapsunderlag som då förelåg, vilka klimatförändringar som kunde förväntas och hur naturmiljö och samhällsfunktioner bedömdes komma att påverkas.

Dricksvattenutredningen ska enligt sina direktiv med utgångspunkt i rådande ansvarsfördelning lämna en uppdaterad analys av klimatförändringarnas framtida effekter på dricksvattenförsörjningen i Sverige, vilka risker detta medför och samhällets sårbarhet. Utredningen ska vidare bedöma förmågan att hantera dessa effekter på vattenkvalitet och tillgång på vatten för dricksvattenproduktion, med beaktande av åtgärder som genomförts på nationell, regional och lokal nivå efter Klimat- och sårbarhetsutredningen. Utredningen ska också analysera i vilken utsträckning och med vilken kvalitet kommunerna genomför sårbarhetsanalyser och om de vidtar förebyggande åtgärder i sin översiktsplanering. Vid behov kan utredningen föreslå ytterligare åtgärder för en trygg dricksvattenförsörjning, vilket inkluderar hela kedjan från risk- och sårbarhetsanalys till förebyggande åtgärder samt åtgärder för att hantera extremsituationer och hur arbetet med dessa bör organiseras.¹

Den bakomliggande klimatanalysen behöver enligt utredningens bedömning ta utgångspunkt i det senaste kunskapsunderlag som finns tillgängligt, så att slutsatserna från den tidigare Klimat- och sårbarhetsutredningen kan utvecklas och preciseras.

Utredningens samlade uppdrag är omfattande och rör också en rad andra frågeställningar vid sidan av de klimatrelaterade. Hittills har endast en mindre och relativt begränsad del av uppdraget avrapporterats genom det delbetänkande som gäller hur svenska myndigheters ansvar bör fördelas då det gäller material i kontakt med dricksvatten. Delbetänkandet *Material i kontakt med dricksvatten – myndig-*

¹ Dir. 2013:75, s. 5–9.

hetsroller och ansvarsfrågor, SOU 2014:53, lämnades i juli 2014 och har därefter remissbehandlats.

Det nu aktuella delbetänkandet om klimateffekter på dricksvattenförsörjningen har karaktär av kunskapsunderlag, som förslagsmässigt kommer att följas upp i det senare slutbetänkandet. Då behandlas även de andra aspekter på dricksvattenfrågorna som tas upp under senare delar av utredningsarbetet. Uppdraget ska enligt utredningens tilläggsdirektiv slutredovisas senast den 29 april 2016.² Slutbetänkandet kommer förutom behovet av åtgärder som följd av klimateffekter på dricksvattenförsörjningen också att inriktas på frågor som rör samverkan mellan olika myndigheter och andra aktörer, övervakning och kontroll, skyddet av råvattentäkter, krisberedskap, produktion och infrastruktur samt övergripande planerings- och finansieringsfrågor.

1.2 Utgångspunkter

Delbetänkandet har som syfte att lyfta fram de senaste fakta och framtidsscenarier kring klimatförändringarna som är tillgängliga – hur det sett ut historiskt och vilken karaktär klimatförändringarna bedöms få framöver i Sverige under resten av detta sekel. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI, har tagit fram en grundläggande klimatanalys till utredningen. De för dricksvattnet centrala parametrarna – temperatur, nederbörd, vattentillgång, vattenflöden, markfuktighet, snötäcke och havsnivåer – har valts ut som grund för analysen. Resultaten relateras till bedömningar av de effekter, kvantitativa och kvalitativa, som kan uppstå för de yt- och grundvattenförekomster som dricksvattenförsörjningen vilar på.

Utredningen lägger i detta skede inte några förslag om lämpliga åtgärder för att trygga dricksvattenförsörjningen i ett framtida klimat. Delbetänkandet ska betraktas som ett rent kunskapsunderlag som tagits fram för att så tidigt som möjligt tillgängliggöra det framtagna faktaunderlaget, till nytta för myndigheter, kommuner, dricksvattenproducenter och andra aktörer. Det ger också möjligheter för utredningen att få återkoppling på faktaredovisning och utgångsbedömningar innan de samlade förslagen presenteras. Sådana förslag ska läggas med utgångspunkt i såväl klimatförändringar som de övriga utmaningar som dricksvattenförsörjningen står inför.

Dricksvattenutredningens direktiv avgränsar uppdraget till allmänt dricksvatten och omfattar således inte de förhållanden som gäller enskild vattenförsörjning. Frågan om allmänt respektive enskilt vatten har viss betydelse också då det gäller klimatförändringarnas effekter, där det enskilda vattnet i många fall kan vara mer utsatt. Den enskilda vattenförsörjningens långsiktiga förutsättningar kan därmed indirekt skapa nya förutsättningar då det gäller kraven att anordna allmän vattenförsörjning. Det råder inom den enskilda försörjningen stor variation mellan olika täkter i vattenkvalitet och den kontroll som sker. Regelverk och myndighetsansvar skiljer sig också åt mellan enskild och allmän vattenförsörjning. Den enskilda vattenförsörjningen berör en betydande grupp konsumenter i landet. Uppskattnings-

² Dir. 2014:73, s. 1.

vis 1,2 miljoner permanentboende och ungefär lika många fritidsboende använder vatten från enskilda vattentäkter, som t.ex. egen brunn.³

Dricksvattenutredningen har i sitt arbete utbytt erfarenheter med en rad myndigheter och andra aktörer som utvecklat kunskapsunderlag som berör klimatanpassning och dricksvatten. Det gäller centrala och regionala statliga myndigheter, kommuner, branschorganisationer och forskningsmiljöer. Viktig kunskap sammanställs genom länsstyrelsernas uppdrag att följa och redovisa kommuners och regioners klimatanpassningsarbete. Regionala planeringsunderlag med relevans för dricksvattenförsörjningen tas fram i ökad utsträckning. Det gäller bland annat de regionala vattenförsörjningsplaner som många länsstyrelser utvecklat i samverkan med kommunerna. De ger bra utgångspunkter för att tydliggöra för vattenförsörjningen betydelsefulla vattenförekomster och de anpassningsåtgärder som krävs för att garantera en långsiktig och trygg dricksvattenförsörjning.

Utredningen har i relevanta delar samverkat med SMHI i deras uppdrag att följa upp och analysera det arbete med klimatanpassning som skett sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen.⁴ Sveriges geologiska undersökning, SGU, har genom sitt grundvattenuppdrag varit en naturlig samverkanspart, som medverkat i arbetet med nya underlag kring framtida grundvattennivåer.

1.3 Utredningens arbete

Dricksvattenutredningen har i samverkan med och genom särskilt uppdrag till SMHI kunnat ta fram aktuella och uppdaterade analysunderlag med utblick mot 2100 som utgångspunkt för arbetet. Utredningen har valt att använda den nya generationen klimatscenarier, som även används i IPCC:s arbete (AR5). Beskrivning av den nya generationen utsläppsscenarioer (RCP) som nu använts, utvecklas närmare i avsnittet Klimatanalys för Sverige. Utredningen gör på detta sätt ett omfattande kartunderlag tillgängligt, som grund för diskussioner om hur vattenförekomster, produktions- och distributionssystem behöver utformas och skyddas. Underlaget kan också användas som grund för framtida analyser och fördjupningar, t.ex. som stöd för arbetet med regionala planeringsunderlag. Resultaten från de nya scenarierna ger under kommande år jämförbarhet med fortsatta bearbetningar, t.ex. fördjupningar kring framtida klimatförändringar i olika delar av landet, i vissa fall också med kopplingar till det klimatanpassningsarbete som sker.⁵

Ytterligare underlag kring klimatförändringarnas effekter på landets grundvattenförekomster har tagits fram genom samarbete med SGU. Även det arbetet bygger på aktuella och av SMHI bearbetade underlagsdata. Arbetet redovisas i avsnittet Grundvattennivåer i ett förändrat klimat.

Utredningen har som stöd i arbetet inrättat en särskild referensgrupp kring klimatfrågor och dricksvattenförsörjning med företrädare för berörda centrala myndigheter, länsstyrelser, kommuner och förträdare för branschorganisationerna Svenskt Vatten och Lantbrukarnas Riksförbund. Referensgruppens närmare sammansättning framgår av bilaga 4. Frågeställningar och avgränsningar har utvecklats efter diskussioner i referensgruppen och i samråd med den av regeringen tillsatta

³ Livsmedelsverket (2015). <http://www.livsmedelsverket.se/matvanor-halsa--miljo/egen-brunn/>, 2015-05-19.

⁴ SMHI (2015). Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat.

⁵ Se SMHI (2015) och de länsvisa klimatunderlag som tas fram med stöd av SMHI.

centrala expert- och referensgruppen, som biträtt i det samlade utredningsarbetet. Grupperna och därtill knutna experter har på ett värdefullt sätt bidragit till att säkra det faktaunderlag som redovisas.

Utredningen har under arbetet med delbetänkandet hållit möten med den centrala expertgruppen vid tre tillfällen och med referensgruppen för klimat och dricksvatten vid sex tillfällen. Utöver detta har utredningen vid ett antal tillfällen träffat eller på annat sätt samrått med berörda myndigheter och branschföreträdare. Klimatfrågorna har särskilt avhandlats i anslutning till två heldagsseminarier som anordnats av utredningen och SMHI. Ett inledande seminarium kring klimatfrågor och dricksvatten hölls i Norrköping i maj 2014, därefter ett uppföljande seminarium i Stockholm i december samma år. Där gavs en första presentation av de preliminära resultaten från de beräkningar som utarbetats av SMHI. Vidare redovisades utgångspunkter för det fortsatta arbetet från berörda myndigheter och vattenproducenter.

1.4 Betänkandets disposition

Efter delbetänkandets inledande delar presenteras sammanfattande SMHI:s och SGU:s underlag avseende klimatförändringar respektive grundvattenpåverkan i kapitel 2 och 3. De bakomliggande fullständiga underlagen återfinns i bilagorna 5–8. För innehållet i dessa delar svarar SMHI och SGU med de experter som medverkat i arbetet. Underlagen tillgängliggörs även som separata rapporter inom ramen för myndigheternas egna rapportserier.

I kapitel 4, Klimateffekter på yt- och grundvattenkvalitet, presenteras översiktligt klimatriskerna för de vattenförekomster som nyttjas för framställning av dricksvatten. Det avslutande kapitlet utgör en sammanfattande översikt då det gäller aktuell forskning och utveckling kring klimat och dricksvatten. Behovet av fortsatta insatser för att möta det rådande kunskapsunderskottet berörs kortfattat.

2 Klimatanalys för Sverige

I Dricksvattenutredningens uppdrag ingår att lämna en uppdaterad analys av hur klimatförändringarna kan komma att påverka olika delar av landet och den betydelse det kan få för dricksvattenförsörjningen. Klimat- och sårbarhetsutredningen lämnade i sitt slutbetänkande 2007, med det kunskapsunderlag som då förelåg, en redovisning av de klimatförändringar som kan väntas i Sverige och hur naturmiljön och olika samhällsfunktioner kunde komma att påverkas.⁶ Den fortsatta utvecklingen innebär förutsättningar att genom ökad kunskap om klimatet i världen och förbättrade modeller ta fram en ny generation scenarier. Utredningen har bedömt det som angeläget att detta kan nyttiggöras också i utredningens arbete och ligga till grund för de klimatrelaterade bedömningar och förslag som utredningen lämnar.

Utredningen har i samverkan med Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI, sökt utveckla tidigare analyser och slutsatser med hjälp av nya scenedata. Det analysunderlag som nu tagits fram bygger dels på en klimatologisk återblick för perioden 1860–2014 (bilaga 5), dels ett antal framtidsscenarioer med ny metodik (bilaga 6). En koncentration har skett mot sådana parametrar som är relevanta för dricksvattenförsörjningen. Urvalet av parametrar har fastställts i diskussioner mellan SMHI, utredningen och dess särskilda referensgrupp för klimat och dricksvatten. Underlaget från SMHI tar inte upp konsekvenserna för dricksvattenförsörjningen, utan stannar vid en redovisning av de förändringar i temperatur, nederbörd, vattentillgång, snötäcke och havsnivåer som scenarierna ger uttryck för.

2.1 Framtidsscenarioer – huvudsakliga resultat och slutsatser

De senaste resultaten från klimatforskningen har använts för att producera detaljerade analyser av Sveriges framtida klimat (bilaga 6). Resultaten bygger på de klimatscenarioer som använts av FN:s klimatpanel i dess femte utvärdering (AR5). För att studera framtida klimat behövs först och främst antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. I denna analys har två scenarioer använts; RCP4.5 som innebär stora framtida utsläpps begränsningar och RCP8.5 som innebär höga utsläpp av växthusgaser i framtiden. För att beräkna utsläppsscenarioernas effekt på klimatet används i första steget en global klimatmodell och i andra steget en regional modell, som bland annat täcker Europa. I analysen har nio olika globala klimatmodeller använts. Resultaten visas i första hand som ett medelvärde för de nio

⁶ SOU 2007:60.

klimatberäkningarna. Spridningen mellan modellerna redovisas i SMHI:s fullständiga rapportering till utredningen, bilaga 6.

Beräkningar av framtidens klimat och vattentillgång bygger på nytt underlag och delvis nya förutsättningar jämfört med tidigare analyser som presenterats av SMHI. Till de viktigaste förändringarna hör att utsläppsscenarierna är nya och delvis kraftigare. Scenariet RCP8.5 motsvarar betydligt högre utsläpp och koncentrationer av växthusgaser i atmosfären än de utsläppsscenarier, som varit dominerande i tidigare publicerade hydrologiska beräkningar. De globala klimatmodellerna har vidareutvecklats och urvalet skiljer sig från tidigare studier. Till skillnad från att tidigare ha utnyttjat flera regionala klimatmodeller bygger de nya beräkningarna på en regional modell. Det återstår att analysera hur denna modell jämför sig med andra regionala klimatmodeller. Dessa ändrade förutsättningar gör det svårt att göra alltför detaljerade jämförelser med tidigare beräkningar, men en del generella slutsatser kan dras.

De stora dragen i den beräknade förändringen av nederbörd, temperatur och vattenföring kvarstår från tidigare utredningar. Användningen av RCP8.5-scenariet, med sin höga framtida koncentration av växthusgaser, förstärker effekterna jämfört med tidigare publicerade analyser. Eftersom resultaten från FN:s klimatpanel (AR5) presenterades så sent som 2013 så har underlaget framtaget av SMHI präglats av ett intensivt utvecklingsarbete. Resultaten har krävt användande av ny metodik och resultaten kommer även fortsättningsvis att utvärderas av SMHI.

Analysen har gjorts för ett antal parametrar som är relevanta för dricksvattenförsörjningen. I tabell 2.1 visas en översiktlig sammanfattning av resultaten.

Tabell 2.1 Sammanfattning av framtida förändring för de olika parametrarna

Parameter	Förändring
Lufttemperatur	Ökning i hela landet, främst i norra Sverige, främst vintertid.
Medelnederbörd	Ökning i hela landet, främst i Norrlands inland, främst vinter och vår.
Kraftig korttidsnederbörd	Ökning i hela landet, främst för de korta varaktigheterna.
Vattentillgång	Ökning av årsmedel i hela landet förutom östra Götaland. Ökningen är störst på vintern. Minskning på sommaren, främst i östra Götaland.
100-årsflöde och 200-årsflöde	Ökning i stora delar av landet. Minskning i Norrlands inland och norra kustland samt nordvästra Svealand.
Lågflöden	Mer vanligt i Götaland och Svealand, främst östra Götaland.
Havsvattennivåer	Stigande havsnivå, nettoökningen störst i södra Sverige.

2.1.1 Temperatur

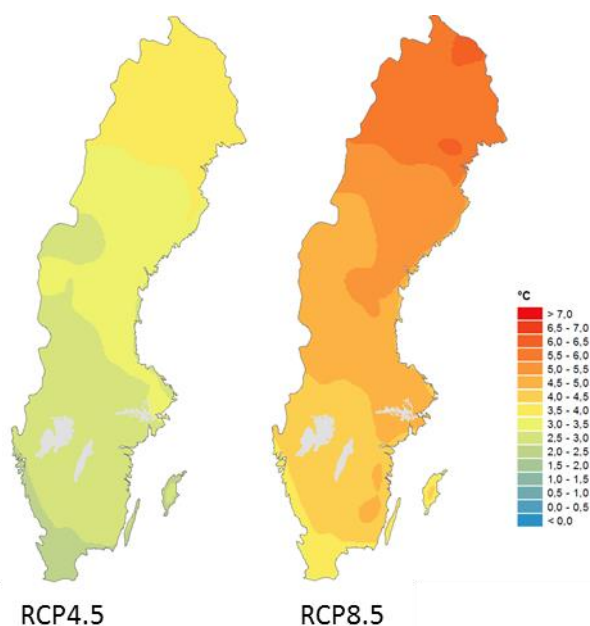
Sverige har de senaste årtiondena haft en varm period. Sedan 1988 har alla år, utom 1996 och 2010 varit varmare än medelvärdet för referensperioden 1961–1990. År 2014 var det varmaste året i Sverige sedan mätningarna inleddes i slutet av 1800-talet. Därmed slogs det gamla rekordet från 1934. För flera år har temperaturavvikelsen varit störst i norra Sverige. Temperaturökningen har under de senaste 20 åren varit i medeltal cirka en grad Celsius och framträder under alla årstider, men är störst under vintern.

Klimatberäkningarna visar på en ökning av årsmedeltemperaturen under innevarande sekel, men med stor spridning av resultaten (figur 2.1). Störst beräknas

ökningen bli i norr, vilket överensstämmer med tidigare resultat från såväl SMHI som IPCC. Skillnaderna mellan de två utsläppsscenarierna är små för perioden 2021–2050 men ökar mot slutet av århundradet. Scenario RCP4.5 innebär i medeltal en ökning på cirka tre grader till slutet av seklet jämfört med perioden 1961–1990. För RCP8.5 är ökningen större, i medeltal cirka sex grader till 2100.

Vattentemperaturen i sjöar och vattendrag beror till stor del på temperaturen i luften. Det finns dock en årstidsfördröjning eftersom vattnet värms upp långsammare än luften på våren och kyls ner långsammare på hösten. Några beräkningar har inte gjorts för framtida vattentemperaturer, men det kan antas att även de stiger när lufttemperaturen stiger.

Figur 2.1 Förändring (grader Celsius) av årets medeltemperatur mellan referensperioden 1961–1990 och 2069–2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.



2.1.2 Nederbörd

Mest nederbörd faller i regel under sommaren och minst under våren. Under senare årtionden har det skett en ökning av nederbörden som är tydligast för sommaren. Den ökade nederbörden syns mest för de sydvästliga delarna av landet. Det mest nederbördsrika året hittills för Sverige är år 2000.

Den mest extrema dygnsnederbörden inträffar vanligtvis sommartid. Det finns en tendens till ökning sedan år 2000. De extrema regnen kan drabba hela landet, men är i dagsläget mindre vanliga i Norrlands inland. Det saknas mätningar för att analysera trender i extrem korttidsnederbörd, med varaktighet mindre än ett dygn.

Medelnederbörden beräknas öka i hela landet i framtiden. Störst väntas ökningen bli i Norrlands inland. Skillnaden mellan de två utsläppsscenarierna är små för perioden 2021–2050 men ökar mot slutet av århundradet. En ökning väntas under alla årstider, men främst för vintern och våren.

Den extrema korttidsnederbörden är redan i dag ett problem, framför allt i städer, och beräknas bli mer intensiv i ett framtida klimat. Detta gäller främst skyfall med kort varaktighet (tabell 2.2). Den extrema korttidsnederbörden är i dagens klimat relativt jämnt fördelad över landet. Den framtida ökningen uppvisar inte heller några tydliga regionala skillnader.

Tabell 2.2 Beräknad procentuell ökning av korttidsnederbörd med 10 års återkomsttid från 1961–1990 till 2021–2050 respektive 2069–2098. Tabellen visar ett medelvärde för hela landet och för samtliga scenarier.

Varaktighet	2021–2050		2069–2098	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
20 min	19	23	30	51
1 timme	14	16	20	34
3 timmar	13	13	17	29
12 timmar	12	14	18	29

2.1.3 Vattentillgång och flöden

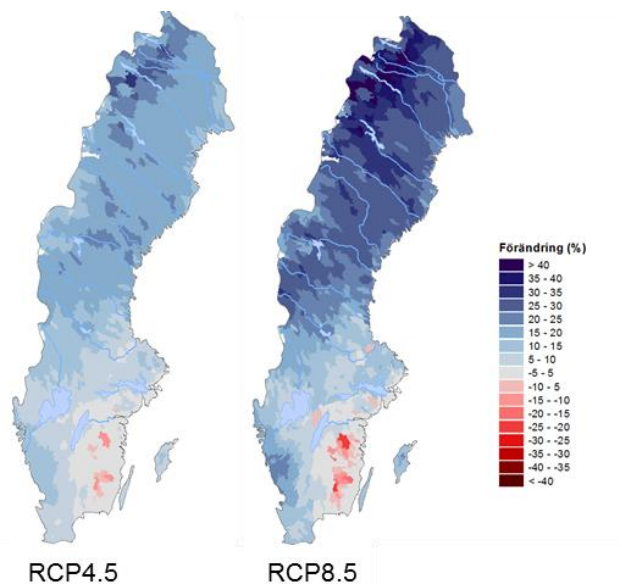
Vid perioder med kraftigt regn eller stor snösmältning kan vattendrag och sjöar översvämmas. I städer orsakas översvämningar vanligtvis av kraftig nederbörd under kort tid, vilket behandlas i avsnittet om nederbörd.

Termen vattentillgång används för att beskriva hur stor tillgång på vatten det i medeltal finns i vattendragen. För att studera extrema flöden används s.k. 100-årsflöde (och 200-årsflöde) som är ett flöde som i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under en 100-årsperiod (200-årsperiod). Förekomst av lågflöden uttrycks som antal dagar med låga flöden i dagens och framtidens klimat.

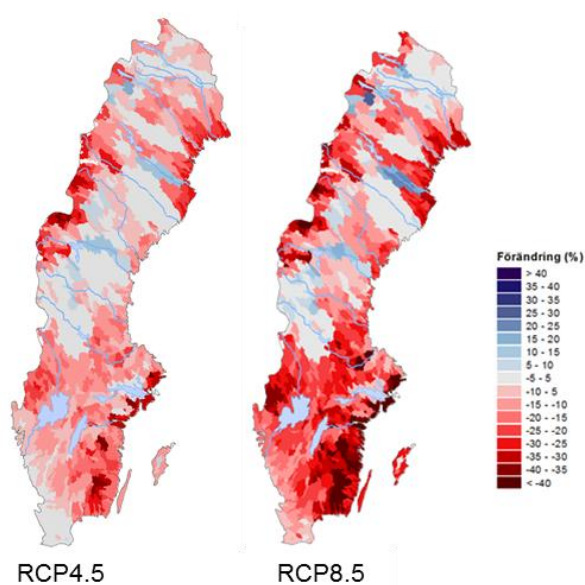
Vattentillgång och vattenflöden beror av nederbörd, snösmältning och avdunstning. I vissa fall är det den ökade nederbörden som påverkar vattenflödet mest, medan det i andra fall är den ökade avdunstningen eller den förändrade snösmältningen. Framtidens vattenflöden kommer därför att förändras på olika sätt i olika delar av landet. Förändringen kan också skilja sig för de olika parametrarna; vattentillgång, extrema flöden och lågflöden. Vattentillgången har varit relativt stabil de senaste 100 åren. Året med den största vattentillgången var år 2000, vilket också var det mest nederbördsrika året. I framtiden väntas en ökning av vattentillgången sett över hela året i stora delar av landet, främst i norra Sverige och längs västkusten (figur 2.2). I sydöstra Sverige väntas i stället en minskning vilket beror på ökad avdunstning. Ändringen i vattentillgång skiljer sig åt mellan olika årstider. Sommartid väntas en minskad vattentillgång i större delen av landet (figur 2.3), med den största minskningen i östra Götaland. Redan i dagens klimat märks att vårfloden i södra Sverige har blivit lägre och att vinterflödena i stället har ökat. I framtiden väntas denna förändring bli märkbar i hela landet. De nya beräkningarna av framtida vattentillgång ligger i linje med tidigare beräkningar. Gällande extrema vattenflöden går det inte att se någon statistiskt säkerställd förändring. I framtiden väntas de extrema flödena dock inträffa oftare i vissa delar och mer sällan i andra delar av landet (figur 2.4). I Norrlands inland och norra kustland samt nordvästra Svealand beräknas de extrema flödena bli mindre vanliga till följd av minskad vår-

flod. I övriga delar av landet väntas de extrema flödena bli vanligare till följd av ökad nederbörd.

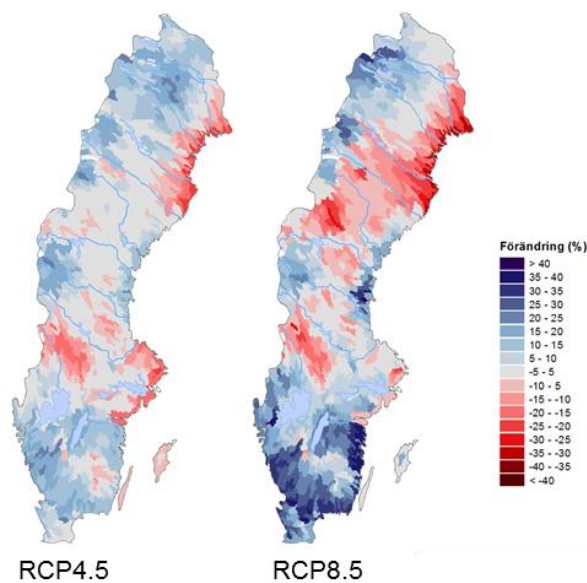
Figur 2.2 Förändring (%) av vattentillgång mellan referensperioden 1963–1992 och 2069–2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.



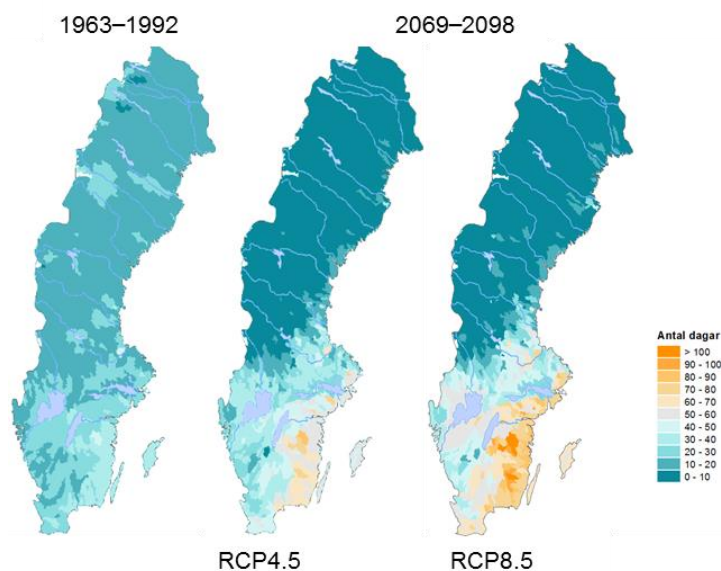
Figur 2.3 Förändring (%) av vattentillgång sommartid (juni, juli och augusti) mellan referensperioden 1963–1992 och 2069–2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 2.4 Förändring (%) av 100-årsflödet mellan referensperioden 1963–1992 och perioden 2069–2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 2.5 Antal dagar per år med låga vattenflöden för referensperioden 1963–1992 och för perioden 2069–2098. Beräkningarna är baserade på resultat från nio globala klimatmodeller och för de båda scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Lågt vattenflöde definieras som flöden lägre än medelvärdet av alla års lägsta vattenflöde för referensperioden 1963–1992.



De nya beräkningarna visar att en större andel av Sveriges yta kan komma att ut-sättas för förstärkta extremflöden jämfört med tidigare beräkningar.

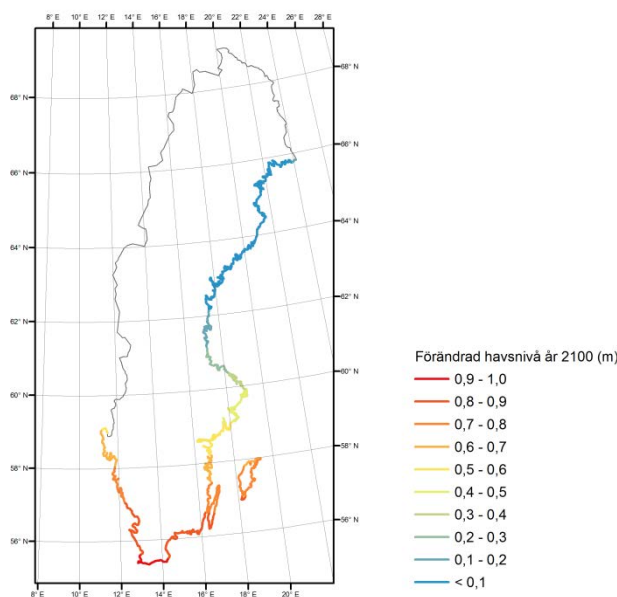
Låga vattenflöden uppträder i södra Sverige främst på sensommaren och i norra Sverige strax innan snösmältningen. I framtiden väntas antalet dagar med låga flöden bli fler i Götaland och stora delar av Svealand (figur 2.5). Den största förändringen beräknas ske i östra Götaland, vilket också är den del av landet som har de lägsta vattenflödena i dagens klimat. Ökningen av antalet dagar med låga vattenflöden är en följd av att avdunstningen ökar till följd av ökad temperatur. De låga flödens kan på utsatta platser leda till brist på vatten.

2.1.4 Havsnivå

Den globala havsnivån har stigit med i genomsnitt 1,7 mm per år under perioden 1901–2010. Under perioden 1993–2010 var stigningstakten 3,2 mm per år. I framtiden väntas havsnivån fortsätta att stiga i högre takt. En bedömd övre gräns för stigningen är ungefär en meter fram till år 2100 enligt IPCC.⁷

Sverige har en fördel genom att landhöjningen motverkar havsnivåhöjningen. Det gäller speciellt i norra Sverige, där landhöjningen kan vara så stor som 10 mm per år. Stockholm har en landhöjning på cirka 5 mm per år. Skåne kan inte dra nytta av landhöjningens effekt på framtidens havsnivåer. Nettoeffekten av en meters global havsnivåhöjning under 100 år och landhöjningen redovisas i figur 2.6.

Figur 2.6 Nettoeffekten av en meters global havsnivåhöjning under 100 år, ifall hänsyn tas till den lokala landhöjningen. Beräkningen av landhöjningen är baserad på Lantmäteriets landhöjningsmodell NKG2005LU.



En mer fullständig beskrivning av scenarierna med resultat för de valda parameterna, redovisas i SMHI:s fullständiga rapportering till utredningen, bilaga 6.

⁷ IPCC (2013).

2.2 Kvalitetssäkring av analysdata

Resultaten från FN:s klimatpanel (AR5) presenterades först 2013. Det nya analysunderlaget och dess svenska tillämpning har inneburit ett intensivt utvecklingsarbete på SMHI, där bland annat ny metodik tagits fram och tillämpats. Resultaten kommer därför även fortsättningsvis att utvärderas av SMHI.

Rent generellt finns stora osäkerheter i studier av framtida klimat. De bakomliggande RCP-scenarierna är inte som tidigare scenarier kopplade till givna socioekonomiska scenarier eller utsläppsscenarier. I stället kan resultaten nås genom olika kombinationer av ekonomiska, teknologiska, demografiska och politiska utvecklingslinjer. De analyser som Dricksvattenutredningens underlag från SMHI bygger på är de två scenarierna RCP8.5 och RCP4.5. De utgör scenarier som forskarvärlden fokuserat på och som motsvarar en framtid med höga utsläpp av växthusgaser (RCP8.5), respektive en med kraftiga utsläppsminskningar (RCP4.5). Sifferbeteckningarna anger den strålningsdrivning⁸ i watt/m² de olika utvecklingsvägarna ger upphov till år 2100. Globala klimatmodeller har använts för att beräkna effekten av respektive scenario. De globala modellerna skalas sedan ner till regional nivå.

Grundantaganden bakom de två scenarierna RCP4.5 och RCP8.5 som används liksom för klimatmodeller framgår närmare av den tekniska beskrivningen i SMHI:s fullständiga rapportering till utredningen, bilaga 6. Där redovisas också spridningen mellan resultatet från de olika modellerna.

Det finns stora osäkerheter i studier av framtida klimat och de största osäkerheterna finns i utsläppsscenarierna, klimatmodellerna, den naturliga variabiliteten och upplösningen.

⁸ Strålningsdrivningen utgör skillnaden mellan hur mycket energi solstrålningen som träffar jorden innehåller och hur mycket energi som jorden strålar ut i rymden igen.

3 Grundvattennivåer i ett förändrat klimat

3.1 Utgångspunkter för beräkningarna

Sveriges geologiska undersökning, SGU, har utifrån både befintliga uppmätta grundvattennivåer och nya klimatscenedata utfört två studier. Resultaten presenteras i rapporterna *Grundvattennivåns tidsmässiga variationer i morän och jämförelser med klimatscenerier* och *Grundvattennivåer i ett förändrat klimat – nya scenarier*. I den första rapporten redovisas konstaterade förändringar i grundvattennivåer under perioden 1975–2014, i den andra rapporten ges underlag för bedömningar av framtida nivåer under resten av detta sekel. Rapporterna redovisas i sin helhet som bilagorna 7 och 8.

Dataunderlaget för den senare, framtidsinriktade studien baseras på nya klimatscenerier och har utgjorts av dygnsvisa värden på grundvattennivåer beräknade med hjälp av SMHI:s hydrologiska modell S-HYPE. Beräkningarna i S-HYPE är baserade på data för nio klimatmodeller och två utsläppsscenerier (RCP4.5 och RCP8.5). Dygnsvärden är beräknade för områden som innefattar jordarterna morän och grovjord samt barrskog som markanvändning. Värdena utgör inte absoluta grundvattennivåer utan återspeglar den relativa förändringen i ett givet numeriskt spann.

För att bedöma om den beräknade grundvattennivåförändringen motsvarar ett relevant resultat har uppmätta grundvattennivåer i SGU:s grundvattennät nyttjas för att kontrollera om S-HYPE kan beräkna en grundvattennivå som följer de uppmätta grundvattennivåernas naturliga variationsmönster.

SGU har analyserat beräknade grundvattennivåer för de två tidsintervallerna 2021–2050 respektive 2069–2098 för såväl snabbreagerande (belägna främst i morän) och långsamreagerande grundvattenmagasin (belägna främst i isälvsmaterial/grovjord).

Snabbreagerande grundvattenmagasin reagerar snabbt på nederbörd och torka vilket gör att de är känsliga för torrperioder men även för perioder med mycket nederbörd. I dessa magasin har nederbörd, avdunstning och växternas upptag en stor inverkan på grundvattennivåerna. Snabbreagerande grundvattenmagasin är viktiga för den enskilda vattenförsörjningen.

Långsamreagerande grundvattenmagasin är mindre känsliga för årstidsvariationer och det är främst mellanårsvariationerna som blir av betydelse för grundvattennivåerna. Här är variationerna under året små medan mellanårsvariationerna kan vara större. Det är t.ex. normalt att grundvattennivåerna kan stiga eller sjunka flera år i rad. Långsamreagerande grundvattenmagasin är viktiga för den allmänna vattenförsörjningen.

Grundvattennivån på en given plats uppvisar en tydlig årsvariation kopplat till klimat och hydrogeologiska förhållanden. Grundvattennivån stiger under perioder med grundvattenbildning och sänks av under perioder med ingen eller liten grundvattenbildning. Generellt sett innebär det att grundvattennivåerna stiger (grundvatten bildas) vid snösmältning och höstregn och sjunker under sommar och vinter.

Snabbreagerande grundvattenmagasin kan karaktäriseras med hjälp av regimkurvor som visar på när under året grundvatten bildas och när det sker en avsänkning av grundvattennivåerna. Beroende på var i landet man befinner sig uppvisar magasin regimmönster som är karakteristiska för den aktuella regionen (se figur 1 i bilaga 7).

3.2 Observerade förändringar i grundvattennivåer

SGU har i studien kring tidsmässiga variationer av grundvattennivåer i morän sammanställt och utvärderat uppgifter om uppmätta grundvattennivåer i snabbreagerande, ”små” grundvattenmagasin från SGU:s grundvattennät för perioden 1975–2014.

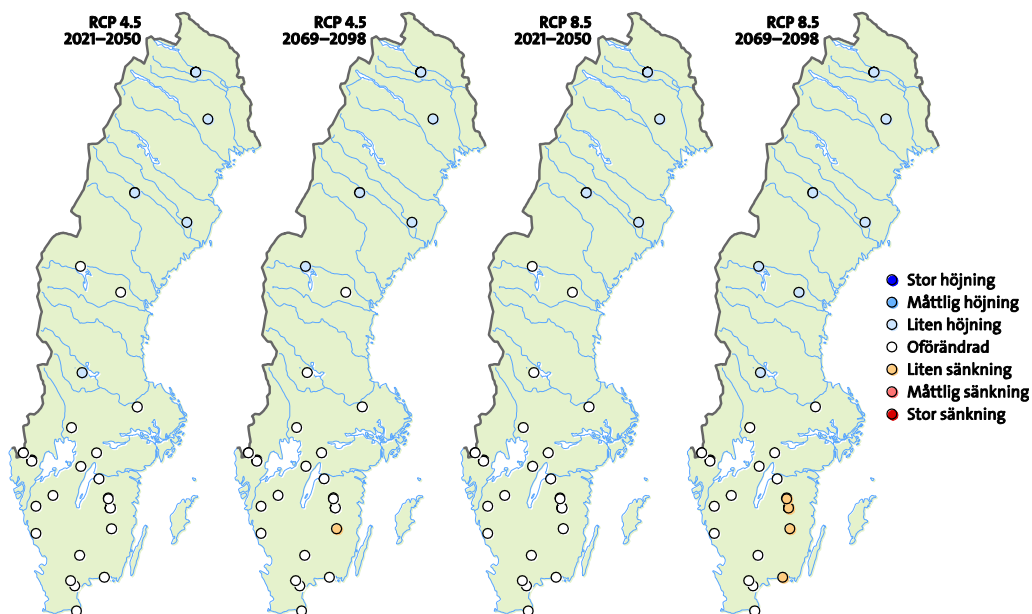
Resultaten visar att vi utifrån uppmätta nivåserier redan nu ser en tidigareläggning av grundvattenbildningen i samband med snösmältningen, vilket bidragit till att avsänkingsperioden under sommaren blivit längre under den senaste 30-årsperioden. Vidare ses att grundvattennivåökningen i samband med snösmältningen har minskat i stora delar av landet och att grundvattennivåerna under vinterns första månader har ökat, främst i södra delarna av landet. Grundvattennivåerna uppvisar en generell ökning under perioden i praktiskt taget hela landet, även i de sydöstra delarna.

3.3 Förväntade förändringar av grundvattennivåer fram till 2100

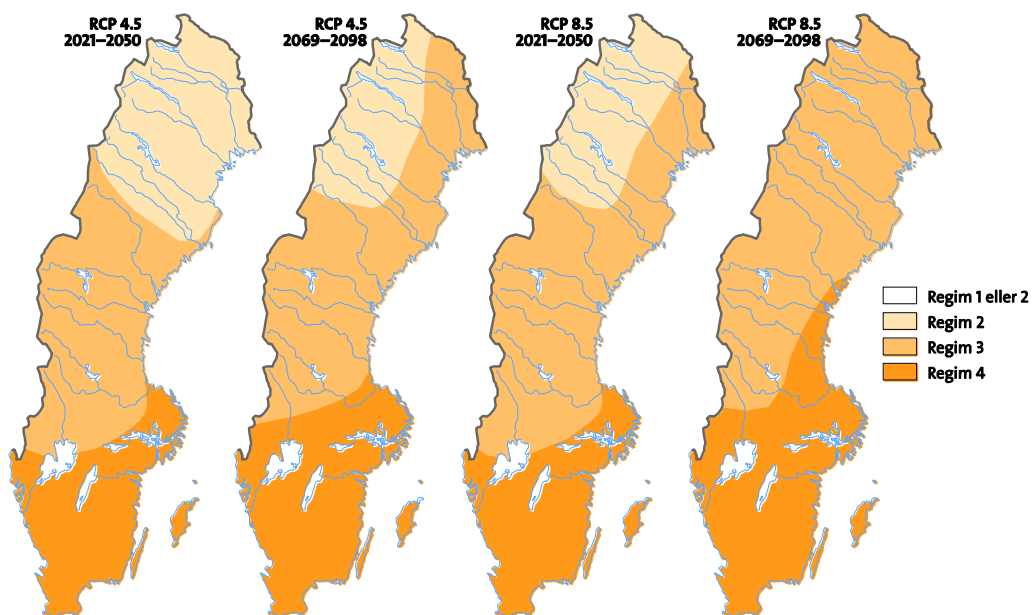
För långsamreagerande grundvattenmagasin belägna i isälvsmaterial, som är av störst betydelse för den allmänna vattenförsörjningen, beräknas grundvattnets årsmedelnivå höjas i större delen av Sverige utom i landets sydöstra delar, där grundvattennivåerna i stället beräknas sjunka. Samma förändring förutses i snabbreagerande magasin. Förändringarna bedöms få störst inverkan på de långsamreagerande magasinerna och därmed på den allmänna vattenförsörjningen.

Grundvattnets förväntade lägsta- och högstanivåer för långsamreagerande grundvattenmagasin beräknas stiga i norra Sverige, medan de i stället beräknas sjunka i södra delen av landet. Samma förändring bedöms ske för snabbreagerande magasin, men inte lika entydigt som för de långsamreagerande grundvattenmagasinerna. Grundvattennivåernas fluktuation i långsamreagerande grundvattenmagasin, dvs. skillnaden mellan förväntade högsta och lägsta grundvattennivåer, beräknas minska i norra delen av landet medan de beräknas öka i landets södra och sydvästra delar. Grundvattennivåerna i snabbreagerande grundvattenmagasin beräknas fluktuera mindre i norra Sverige medan det i södra delen av landet beräknas bli i stort sett oförändrade grundvattennivåvariationer.

Figur 3.1 Långsamreagerande grundvattenmagasin. Grundvattennivåernas avvikelse från referensperiodens årsmedelvärde för tidsperioderna 2021–2050 och 2069–2098 för de två utsläppsscenarierna RCP4.5 och RCP8.5.



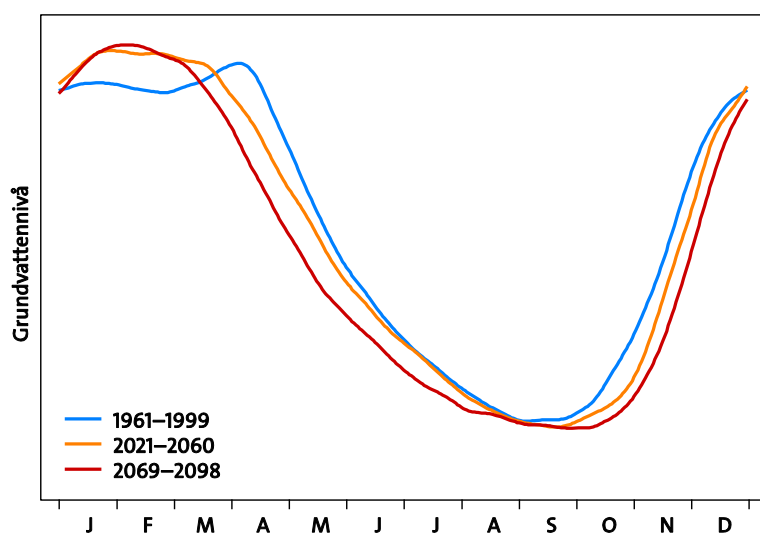
Figur 3.2 Snabbreagerande grundvattenmagasin. Grundvattenregimer för olika tidsperioder med de två utsläppsscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Likt situationen i dag förväntas regimerna 1 och 2 förkomma i fjällkedjan även i ett framtida klimat, se det gråstrerade området.



Ytterligare en klimatrelaterad förändring som gäller snabbreagerande grundvattenmagasin är att grundvattennivåernas regim förändras, dvs. vi får en förändrad årstidsvariation av grundvattennivåer. Det är främst den nordligaste regimen (norra Sverige) med den dominerande grundvattenbildningen vid snösmältningen som försvinner. I detta område förutses grundvattenbildning även under hösten, då en stor del av nederbörden till skillnad mot i dag förväntas komma som regn och inte som snö, se figur 3.2.

Grundvattennivåerna i snabbreagerande grundvattenmagasin beräknas även bli lägre under sensommar och tidig höst, och det främst i södra delen av Sverige. Det kan påverka den enskilda vattenförsörjningen till följd av en längre period utan grundvattenbildning under sommarhalvåret, se figur 3.3. Indirekt kan även den allmänna vattenförsörjningen komma att påverkas genom att större områden kan behöva förses med allmän vattenförsörjning i de fall vattentillgången blir för knapp i områden som i dag försörjs via enskilt vatten.

Figur 3.3 Dygnsmedelvärden för station 5_1 i sydöstra Sverige i snabbreagerande magasin. Diagrammet visar perioderna 1961–1990, 2021–2050 och 2069–2098 för RCP8.5.



4 Klimateffekter på yt- och grundvattenkvalitet

4.1 Dricksvattenförsörjning – ett klimat känsligt system

Jordens klimat förändras som en följd av en ökning av växthuseffekten. Enligt FN:s klimatpanel är människans påverkan på klimatsystemet tydlig utifrån stigande halter av växthusgaser i atmosfären, de observerade förändringarna och förståelsen av klimatsystemet.⁹ Inom överblickbar tid kan klimatförändringar i ökad utsträckning komma att ge en rad effekter som påverkar förutsättningarna för att kontinuerligt tillhandahålla ett dricksvatten av god kvalitet. Global medeltemperaturhöjning, ökade nederbörds mängder, förändrade mönster för avrinning och avdunstning skapar nya utmaningar. Extrema väderhändelser, som värmeböljor, torka, skyfall, stormar, höga flöden, översvämningar och havsnivåhöjningar kan leda till kvantitativa och kvalitativa förändringar av vattnet i de råvattentillgångar som försörjningen vilar på. Förutom direkta fysiska påfrestningar på dricksvattenförsörjningens infrastruktur kan kemiskt och mikrobiologiskt betingade hälsorisker öka i omfattning. Föroreningar och naturligt organiskt material, dvs. humusämnen (NOM), förs redan i dagsläget ut till vattendrag via markavrinning från tillrinningsområden till anknäytande vattentäkter. Klimatförändringarna med ökad nederbörd, mildare vintrar och mer nederbörd vintertid i form av regn och/eller frekventa snösmältningar, ökar denna uttransport. Förändrad kemisk och mikrobiologisk kvalitet på råvattnet kan därmed bli följd. Högre halter NOM ökar risken för störningar i vattenverkens mikrobiologiska barriärer. Även tillgång och kvalitet på grundvattnet kan påverkas.

Den allmänna dricksvattenförsörjningen representerar ett samhällskritiskt system, där funktionaliteten måste upprätthållas på ett tekniskt, miljömässigt och hälsomässigt säkert sätt, löpande och utan avbrott, under överblickbar tid. Då klimatet förändras kan lokala förhållanden och vattenförekomster påverkas på olika sätt. Kontinuerlig anpassning och planering för detta måste säkras därefter. En rad regelverk och obligatoriska stödjande rutiner och processer berör försörjningen och dess anpassning till ett förändrat klimat. Det gäller på kommunal nivå förutom tillämpningen av dricksvattenföreskrifterna bland annat de risk- och sårbarhetsanalyser som ska göras, beredskapsplanering och hantering av extraordinära händelser och kriser. Staten planerar på regional och central förvaltningsnivå på motsvarande sätt för att utifrån sina respektive roller hantera de risker och sårbarheter som kan

⁹ IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. Stocker, T.F. et al.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

finnas och vilka typer av planeringsunderlag och andra typer av stöd som behövs. För att bibehålla en god kvalitet på dricksvattnet behöver också höga kompetenskrav upprätthållas. Det gäller rent produktionstekniska kunskaper samt hur vi ska skydda råvattentäkter, förnya infrastrukturen, leda, organisera och kontrollera verksamheten.

Flera åtgärder har redan vidtagits

Klimat- och sårbarhetsutredningen redovisade i sitt slutbetänkande 2007 en rad förslag avsedda att minska den klimatbetingade sårbarheten i dricksvattenförsörjningen. Åtskilliga förändringar har därefter skett genom organisatoriska anpassningar, regelstyrning, teknisk utveckling och ändrade förhållningssätt. I Livsmedelsverkets generella uppdrag ingår att arbeta för säkra livsmedel och säkert dricksvatten. Uppdraget utvidgades 2009 till att även omfatta ett instruktionsenligt samordningsansvar för dricksvattenfrågor, särskilt när det gäller anpassningar till klimatförändringar samt kris- och beredskapsplanering för dricksvattenförsörjningen. Samordningsuppdraget har bland annat tagit sig uttryck i att Livsmedelsverket koordinerar ett nationellt nätverk av myndigheter och andra aktörer inom dricksvattenområdet. En rad stödjande dokument har utarbetats och en vattenkatastrofgrupp, VAKA, inrättades 2004 som svar främst på väderrelaterade händelser, bland annat översvämningarna i Sundsvall några år tidigare. VAKA nås dygnet runt via SOS-alarm och kan ge stöd till kommuner och regioner som drabbats eller kan komma att drabbas av problem med dricksvattenförsörjningen. Årligen nås gruppen av ett 20–30-tal larm. VAKA har bland annat medverkat i samband med dricksvattenutbrottet i Östersund i slutet av 2010. Livsmedelsverket har också gett ut en handbok för krishantering för dricksvatten som stöd för att bland annat hantera vattenburna utbrott.

Ytterligare ett antal centrala myndigheter har uppgifter som på olika sätt berör dricksvattenförsörjningen. Havs- och vattenmyndigheten och Sveriges geologiska undersökning ansvarar för frågor som rör miljön i hav och ytvatten respektive grundvatten. Det rör frågor kring övervakning, bevarande, restaurering och hållbart nyttjande. Länsstyrelsernas vattendelegationer med sina vattenmyndigheter ansvarar för genomförandet av ramdirektivet för vatten genom att besluta om miljö kvalitetsnormer, åtgärdsprogram och förvaltningsplaner för att upprätthålla och förvalta en god vattenmiljö. Analysunderlag på klimatsidan tas fram av SMHI. Kommunernas och myndigheternas risk- och sårbarhetsarbete, krisberedskapen och andra för dricksvattnet betydelsefulla frågor stöds av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, och länsstyrelserna. Inom den fysiska planeringen och användningen av mark och vattenområden bidrar Boverket genom stöd i tillämpning och tillsyn under plan- och bygglagstiftningen. MSB ansvarar särskilt för det svenska genomförandet av EU:s översvämningdirektiv¹⁰, där planarbetet ska samordnas med vattenförvaltningen och har stark koppling till dricksvattenfrågorna.

Kunskapsläget kring olika risker förbättras fortlöpande. Livsmedelsverket har under senare år bland annat gjort omfattande studier av kunskapsläge, förmåga och

¹⁰ Europaparlamentets och rådets direktiv 2007/60/EG av den 23 oktober 2007 om bedömning och hantering av översvämningrisker (EUT L 288, 6.11.2007, s. 27, Celex 32007L0060).

behov hos berörda aktörer då det gäller mikrobiologiska dricksvattenrisker.¹¹ Länsstyrelserna har i sina risk- och sårbarhetsanalyser behandlat dricksvattenfrågor i ett förändrat klimat och arbetar aktivt med stöd till kommunernas klimatanpassningsarbete.¹²

Producenter och leverantörer av dricksvatten arbetar med olika anpassningar för att möta klimatförändringarna. Branschorganisationen Svenskt Vatten redovisar i en ny undersökning 2014 ett s.k. Hållbarhetsindex, ett verktyg för analys, beslutsfattande och kommunikation då det gäller att utveckla hållbara vattentjänster i kommunerna. Många av de tillfrågade kommunerna uppger att de ännu inte fullt ut hunnit säkra att barriärer i vattenverken, leveransmöjligheter och kvaliteten på dricksvattnet kan möta framtidens krav. Uppgifterna bygger dock bara på svar från en tredjedel av landets kommuner.¹³

Förhållanden som får stor betydelse för dricksvattenförsörjningen är också de förändringar som sker genom urbanisering och annan samhällsutveckling. Ökande kvalitetsproblem inom enskild vattenförsörjning kan framöver leda till behov av ökad anslutningsgrad till den allmänna vattenförsörjningen. Vattenuttag för bevattning och andra ändamål kan skapa konkurrens om vattenresurserna. Betydande anpassningsarbete pågår lokalt för att möta effekterna av kommande klimatförändringar. Det skapar nya planeringsförutsättningar för städer, tätorter och landsbygdsområden. Det påverkar i sin tur en rad förutsättningar för hur vattenförekomster kan och bör skyddas och hur beredning och distribution av dricksvatten kan organiseras och finansieras.

En intressant trend i Sverige och många andra länder är den minskande dricksvattenförbrukningen per capita, även om utvecklingen under senare år tycks stanna upp. Förklaringarna är flera – från starkare medvetenhet om värdet av dricksvatten och ökad sparsamhet med vattnet till teknikutveckling, nya distributionssystem och effektivare läckspårning. Samtidigt innebär befolkningsökning och ökad inflyttning till städerna att dricksvattenförbrukningen ändå kan öka, vilket främst gäller storstadsområden.¹⁴

Dricksvattenutredningen går i detta delbetänkande inte närmare in på de åtgärder som kan behöva vidtas för att utveckla och långsiktigt upprätthålla en trygg dricksvattenförsörjning i ett förändrat klimat. Förslag kring detta kommer att redovisas i utredningens slutbetänkande.

I detta kapitel ges fortsättningsvis en översikt då det gäller en rad risker vars utveckling sammanhänger med den klimatutveckling som redovisats i tidigare kapitel. Identifiering och bedömning av sådana risker utgör en viktig grund för de åtgärdsresonemang som behöver föras hos såväl enskilda kommuner och dricksvattenproducenter som på mer övergripande nivå.

Framställningen utgår strukturmässigt från de scenarier över förändringar i olika klimatparametrar som tidigare redovisats. Bedömningar om framtida risker görs utifrån förväntade förändringar avseende temperatur, nederbörd, vattentillgång, grundvattenbildning och flöden samt havsnivå. Inledningsvis ges en kort

¹¹ Livsmedelsverket (2012). Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder, Rapport nr 6–2012, samt Livsmedelsverket (2013), Mikrobiologiska risker vid dricksvattendistribution – översikt av händelser, driftstörningar, problem och rutiner, Rapport nr 19.

¹² Dir. 2013:75.

¹³ Svenskt Vatten (2015). Hållbarhetsindex 2014.

¹⁴ SCB (2012). Vattenuttag och vattenanvändning i Sverige 2010. Sveriges officiella statistik, SM 1201.

nulägesbeskrivning, som en påminnelse om att klimateffekterna redan i dag är högst påtagliga. Avslutningsvis lämnas en sammanfattande beskrivning av de skilda förutsättningar som gäller dricksvattenberedning som grundar sig på yt- respektive grundvatten i ett förändrat klimat.

4.2 Nulägesbeskrivning

Klimatförändringarna är redan här, vilket ger anledning att även i det korta perspektivet värdera klimatbetingade risker kopplade till dricksvattenförsörjningen. Risker och sårbarheter finns också delvis inbyggda i systemen, t.ex. i expansiva storstäder som är beroende av enstaka vattenförekomster och vattentäkter. De fortgående klimatförändringarna medför att sårbarheten kan öka ytterligare. Några konstateranden kring detta anges i punktform nedan.

- Svenska yt- och grundvattenverk är redan i dag sårbara för de pågående klimatförändringarna. Risk finns för successivt ökad frekvens av vattenburna sjukdomsutbrott eftersom det kan förekomma brister i vattenverkens reningsprocesser. Det är därför viktigt att verken har bra beredskap inom detta område. Barriären mot miljö- och hälsostörande kemiska ämnen är i nuläget bristfällig vid många yt- och grundvattenvattenverk. Den mikrobiologiska reningseffekten sätts ned av stigande humushalter i råvattnet, vilket i sin tur stör olika typer av desinfektions- och inaktiveringsprocesser vid vattenverken.
- Extremregn, som väntas öka i frekvens och intensitet, utgör ett hot mot dricksvattenförsörjningen genom att vattentäkterna riskerar att bli förorenade. Svenska vattenverk är inte byggda för att rena starkt förorenade råvatten. Extremregn inträffar redan i nuläget på olika håll i landet och det är inte en fråga om det kommer att inträffa, utan när. Dricksvattenproducenter behöver förbereda verksamheten för att sådana tillfällen kan inträffa på relativt kort sikt.
- De dricksvattenproducenter som tillämpar s.k. konstgjord infiltration av ytvatten (i vissa fall förekommer även återinfiltration av grundvatten) kan i framtiden tvingas hantera ökande humushalter i det ytvatten som ska infiltreras. För att inte riskera att ”överbelasta” de naturliga reningsprocesserna i jordlagren kan processerna vid många anläggningar behöva kompletteras med förrening av infiltrationsvattnet, t.ex. med kemisk fällning eller ozon. Många anläggningar har redan i dag ett sådant reningssteg.
- Även det naturliga grundvattnet riskerar att försämrats både kemiskt och mikrobiellt. I områden som redan nu och alltmer i framtiden får ökad nederbörd vintertid i form av regn ökar den naturliga grundvattenbildningen, vilket kan leda till höga grundvattennivåer. Den infiltrerade nederbörden kommer då att uppehålla sig kortare tid i markens omättade zon. Det medför försämring av de naturliga reningsprocesserna, som behöver tillräckligt lång tid för att ge god effekt. Grundvattenverk saknar i regel barriärer mot kemiska föroreningar. Mindre grundvattenverk har ofta också begränsade mikrobiologiska barriärer.

- De pågående klimatförändringarna medför ökande vattentemperaturer i ytvatten och i viss mån också ändrad vattenkemi, vilket kan orsaka kvalitetsstörningar på vattnet i ledningsnäten. Risk finns för ökad tillväxt av oönskade mikroorganismer, liksom att korrosionsprocesser förvärras.
- Torka och sinande brunnar utgör ett klimatrelaterat problem som främst drabbar den enskilda vattenförsörjningen. Förhållandet speglar dock den påverkan som sker på grundvattennivåerna i vissa delar av landet, där det också kan få betydelse för den allmänna dricksvattenförsörjningen. Frågan behandlas närmare i kapitel 3.

Ytvattenverkens mikrobiologiska barriärer störs redan i nuläget av humusämnen och problemen väntas tillta. Kunskapen om sådana humusämnen och dess störningar varierar men kan på många håll befaras vara otillräcklig hos svenska producenter och kontrollmyndigheter inom dricksvattenförsörjningen. Halterna av humusämnen är generellt sett höga i ytvattentäkter i södra och mellersta Sverige och trenden är sedan slutet av 1980-talet uppåtgående. En bidragande orsak är klimatförändringarna, men det finns fler orsaker. Trenden är densamma i Finland, Norge, Skottland med flera länder på norra halvklotet.

Dagens situation för vattenverken beskrivs närmare under det avslutande avsnittet om dricksvattenberedning från yt- och grundvatten. Beredningsarbetet och de tekniska förutsättningarna förändras löpande, i många fall till det bättre, men visar att det finns en betydande variation i landet och också en rad eftersatta områden. Utvecklingen speglas i branschens egen undersökning Hållbarhetsindex 2014.¹⁵

Den fortsatta framställningen ger en överblick av hur förändringar utifrån olika klimatparametrar hänger samman med utvecklingen av dricksvattenrelaterade risker. De risker som lyfts fram redovisas i det sammanhang där de bedöms ha störst relevans, även om klimatparametrarna naturligen är inbördes relaterade. De mikrobiologiska riskerna sammanhänger t.ex. till stor del med ändrade förutsättningar kring nederbörd, vattentillgång och flöden och redovisas därför i det sammanhanget. En strävan har varit att inte onödigtvis upprepa fakta under olika delavsnitt utan i stället göra hänvisningar mellan dem.

4.3 Temperatur

Lufttemperaturökningen i Sverige har de senaste 20 åren varit cirka en grad Celsius. Årsmedeltemperaturen beräknas fortsätta att öka i hela landet under resten av seklet, särskilt i norra Sverige och främst vintertid. Beroende på val av scenario förväntas ökningen bli mellan tre och sex grader mot seklets slut jämfört med referensperioden 1961–1990. Klimatförändringarna innebär både en förändring av medelvärden för t.ex. temperatur och nederbörd och förändringar av förekomsten av extrema väderhändelser. Ett flertal av dessa, t.ex. stark nederbörd, värmeböljor och torka, har direkta kopplingar till dricksvattenförsörjningen. Dessa förändringar skapar nya förutsättningar och även ökade risker för dricksvattenförsörjningen, risker som måste förutses och förebyggas samt händelser som måste hanteras.

¹⁵ Svenskt Vatten (2015). Hållbarhetsindex 2014.

4.3.1 Vattentemperatur

Varmare vatten i sjöar och vattendrag medför på sikt ökad risk för kraftiga algblomningar och med dessa kopplade störningar på råvattenkvaliteten i form av lukt- och smakstörande ämnen, algtoxiner, lättnedbrytbara och svårrenade organiska ämnen m.m.

Successivt varmare ytvatten ökar också risken för tillväxt av oönskade mikroorganismer i ledningsnäten, vilket ökar risken för störningar i dricksvattenkvaliteten. Varmare vatten påskyndar vidare invändiga korrosionsprocesser på metallledningar.

Höga råvattentemperaturer kan aktualisera krav på kylning, vilket främst gäller råvatten från ytvattentäkter.¹⁶ Kylning av råvattnet under beredningsprocessen är ännu inte något som tycks förekomma i svenska vattenverk.¹⁷ Vattenproducenter kommer dock på sikt att kunna ställas inför sådana avvägningar mellan ökade energikostnader och dricksvattenföreskrifternas temperaturkrav. Kraven sammanhänger med att ökade vattentemperaturer kan ge upphov till mer gynnsamma betingelser för vissa patogena mikroorganismer.

Även alltför låga vattentemperaturer kan skapa problem för dricksvattenberedningen. Sådana betingelser kan uppstå vid låga vattentemperaturer till följd av kallt och blåsigt väder utan isbildning, ett förhållande som kan bli vanligare under framtida vinterperioder. Problem kan då uppstå genom isbildning på vattenverkens intagsgaller och sämre avskiljning under den kemiska fällningen. Låga temperaturer kan förutom nedsatt produktionsförmåga leda till ökat läckage, då det leder till fler rörbrott på gjutjärnsledningar. Svenska forskningssatsningar inriktas f.n. även mot problem i samband med låga råvattentemperaturer.¹⁸

4.3.2 Värmeböljor

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, arbetar för att fördjupa kunskapen om effekter av värmeböljor på samhällsviktiga sektorer. Bland annat har dricksvattenförsörjningen analyserats som en del av samhällets säkerhet (vilket även gjorts av Totalförsvarets forskningsinstitut). Utländska studier tyder på att långvariga värmeböljor kan skapa kvantitativa och kvalitativa problem för råvattentillgången genom avdunstning och koncentration av föroreningar. Vid långvarig torka kan vattentillgången bli otillräcklig, något som redan aktualiserats i sydöstra delen av landet men även kan komma att inträffa på andra håll. Tillgången på vattenresurser för dricksvatten kan av klimatologiska skäl också bli begränsande, t.ex. för en regions önskan att utveckla sina besöksnäringar. Kraftiga säsongsvariationer med ökade dricksvattenbehov under sommaren kan på sina håll vara svåra att möta, t.ex. på Gotland.

Andra problem som lyfts fram gäller att varmare somrar med ökad risk för värmeböljor kan bidra till ökad risk för algblomning och att betingelserna kan bli

¹⁶ MSB (2012). Värmeböljors påverkan på samhällets säkerhet. En kunskaps- och forskningsöversikt med fokus på Sverige och konsekvenser utanför hälsoområdet.

¹⁷ Förekommer dock att konstgjord grundvattenbildning sker för lagring av kyla i industriella och andra sammanhang.

¹⁸ Chalmers. Forskningsprogrammet DRICKS.

mer gynnsamma för önskade vattenburna mikroorganismer i råvattnet, liksom i distributionssystemet för dricksvatten.

4.3.3 Brand

Brand i skog och mark kan ge effekter på vattenkvalitet i de förekomster som nyttjas som råvattentäkter för dricksvatten. Klimatförändringarna innebär bland annat förändrade betingelser då det gäller riskerna för bränder. Ökande temperaturer och torrare (nederbördsfattigare) förhållanden leder till att säsongen för vegetationsanknutna brandrisker i Sverige förlängs i framtiden. Såväl berörda ytor som skogsbrändernas antal kan komma att öka. MSB har studerat förändringar av brandrisk-säsongens längd och de högriskperioder som finns i olika delar av landet. Underlaget bygger bland annat på klimatologiska scenariedata och beräknad markfuktighet under olika delar av året.

I framtiden beräknas brandriskerna öka i de områden som redan med dagens klimat är mest utsatta. Det gäller framför allt i Östersjölandskapen. Starten på brandrisksäsongen i dessa områden tidigareläggs mot slutet av seklet med cirka 40 dagar. Slutet av säsongen påverkas inte lika mycket, i södra Sverige bedöms säsongen för brandrisk förlängas med cirka 10 dagar. Sammantaget innebär det en ökning av brandrisksäsongens längd med cirka 50 dagar.¹⁹

Information om riskerna för skogs- och gräsbränder finns i MSB:s och SMHI:s informationssystem *Brandrisk i skog och mark*. Tjänsten har t.o.m. 2014 varit tillgänglig på www.msb.se mellan februari och augusti. Modellberäkningar för skogsbrandriskprognosen kommer fortsättningsvis att utföras kontinuerligt året om, bland annat med hänsyn till den förändrade brandrisksäsongen. Brandriskprognoser finns också i en särskild mobilapp, *Brandrisk Ute*.

Brandrelaterade störningar kan förutom att påverka råvattenkvaliteten, ge effekter på vattenverk och andra anläggningar. Det kan gälla funktionalitet hos pumpar och tryckstegringsstationer på ledningsnäten eller störningar som påverkar kraftförsörjning, styr- och reglersystem. Om dricksvattenförsörjningen ska hanteras manuellt och med reservkraft kan det bli resurskrävande, eftersom anläggningarna kan vara spridda geografiskt.²⁰

Vid brand bildas många kemiska miljö-, hälso- och luktstörande ämnen. Dessa kan vid regn mobiliseras och föras ut till vattentäkter. Reningstekniken för kemiskt störande ämnen är f.n. bristfällig. Brandbekämpning med hjälp av kemiska ämnen kan också i sig generera framtida problem för dricksvattnet, om påverkan på sikt sker av vattenförekomster som används för dricksvattenproduktion. Ett aktuellt exempel på det är de perfluorerade ämnen som använts i brandskum och som genom avrinning från brandsläckningsplatser påverkat och i vissa fall förorenat dricksvattentäkter. Livsmedelsverket konstaterar i en särskild studie att dessa ämnen är relativt vanligt förekommande i stora svenska sjöar och vattendrag som används som råvatten för dricksvatten. Förutom ett mindre antal starkt påverkade områden verkar halterna dock vara låga (<10 ng/l) och innebär därför ingen hälso-risk.²¹

¹⁹ MSB (2013). Framtida perioder med hög risk för skogsbrand – Analyser av klimatscenarier.

²⁰ SOU 2007:60, Bilaga B 13.

²¹ Livsmedelsverket (2014). PFAA i råvatten och dricksvatten – Resultat av en kartläggning.

Släckvatten från brandplatser kan utgöra en risk genom påverkan av föroreningar som tvättas ur rökgaserna under en insats eller genom att helt brandopåverkade läckande kemikalier från olyckan kommer ut i omgivningen.²²

En ökad brandrisk påverkar också behovet av släckvatten för brandsläckningsarbetet. Det finns inget krav i lagstiftning att en kommun måste ha brandposter och ta vatten till brandsläckning från va-nätet, i de fall andra vattenreserver saknas i anslutning till brandplatsen. En planering måste dock ha gjorts för vattenförsörjningen, om kommunen avser att använda vatten för brandsläckning. För varje kommun ska det finnas en plan för hantering av extraordinära händelser. Det måste enligt MSB även bedömas som rimligt att en kommun i sitt handlingsprogram redovisar brandvattenförsörjningen, dvs. uppgifter om vattenreservoarer, brandposter, varningssystem och andra anordningar för räddningstjänsten och hur de ska underhållas.²³

4.4 Nederbörd, vattentillgång och flöden

Merparten av de klimatbetingade risker som drabbar dricksvattenförsörjningen sammanhänger med rikligare nederbörd, ökad vattentillgång och ökade flöden. Medelnederbörden förväntas öka i hela landet, främst i Norrlands inland. Ökningarna väntas bli särskilt uttalade under vinter och vår. Den kraftiga korttidsnederbörden väntas öka i hela landet, främst för de korta varaktigheterna. En ökande vattentillgång, främst på vintern, under resten av detta sekel förutses i hela landet förutom östra Götaland. Ökade 100- och 200-årsflöden bedöms också uppstå i stora delar av landet. Minskade extrema flöden bedöms dock gälla Norrlands inland och norra kustland samt nordvästra Svealand. För vissa delar av landet uppstår ett mönster som generellt präglas av lägre flöden. Det blir vanligare i Götaland, främst de östra delarna, och Svealand. En parameter som inte fullt ut vägts in i de framtida beräkningarna är den förlängning av växtlighetssäsongen som förväntas och som i sig kan påverka vattentillgången.²⁴ I texten anknyts på några ställen till denna fråga, ett fortsatt analysbehov finns för att fullt ut väga in betydelsen av en förlängd odlingsssäsong i olika delar av landet.

SGU:s beräkningar visar att grundvattnets årsmedelnivå höjs i större delen av Sverige utom i landets sydöstra delar, där grundvattennivåerna i stället beräknas sjunka. Förändringarna bedöms få störst inverkan på de långsamreagerande magasinerna, som är betydelsefulla för den allmänna dricksvattenförsörjningen.

Grundvattnets förväntade lägsta och högstanivåer för de större grundvattenmagasinerna beräknas stiga i norra Sverige, medan de i stället beräknas sjunka i södra delen av landet. Klimatförändringarna bedöms även påverka årstidsvariationen av grundvattennivåer. Förändringarna gäller främst den nordligaste delen av landet med en dominerande grundvattenbildning vid snösmältningen. Nederbörden kommer där i ökad utsträckning som regn, vilket ger ökad grundvattenbildning också under hösten.

²² SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (2002). Utsläpp från bränder – analys av brandgaser och släckvatten. Rapport 2002:24.

²³ MSB (2015). I skälighets omfattning. Ett urval av överklagade tillsynsärenden om brandskydd, s. 21 ff. Se även den av MSB förvaldade skriften från Räddningsverket (1999), Brandvattenförsörjning.

²⁴ Centrum för miljö- och klimatforskning (2015). Klimatsäkrat Skåne. CEC Rapport nr 02, s. 97.

4.4.1 Översvämningar

Förändrade nederbördsmonster ökar riskerna för översvämningar, vilket i sin tur utgör ett hot genom att mikroorganismer, kemiska och andra föroreningar inom tillrinningsområden i ökad utsträckning kan föras ut i vattenförekomster och påverka brunnar och ytvattentäkter. Föroreningar kan t.ex. komma från trafikerade vägar, förorenade markområden, översvämmade cisterner, olika avlopp (även bräddningar) och betesmark. Förutom ökad uttransport av kemiska och mikrobiella föroreningar sker även en ökad tillförsel av humusämnen (naturliga organiska ämnen, NOM). Höga halter humusämnen minskar, som tidigare påpekats, reningseffekten i vattenverkens mikrobiologiska och kemiska barriärer (den senare har redan i dag nedsatt funktion).

Översvämningar skapar också rent fysiska risker för ledningsnät och anläggningar, deras styr-, regler- och kraftförsörjning samt påverkar riskerna för ras och skred, vilket i sin tur kan påverka vattnets kvalitet. Kraftbortfall är i sig allvarligt, eftersom det kan slå ut pumpar med trycklöshet i ledningsnäten som följd. Det leder till ökad risk för inträngning av förorenat vatten i näten, som normalt kännetecknas av en hel del otätheter. Risken för sådana föroreningar är stor eftersom dricksvattenledningar och avloppsledningar inte sällan ligger i samma rörgravar.

Översvämningar utgör liksom andra extrema naturbetingade händelser frågor av intresse för gemensamma satsningarna inom EU. Under avsnittet om pågående utvecklingsåtgärder (kapitel 5) redovisas kort det s.k. Copernicus-programmet. Den katastrofberedskapstjänst som kopplats till programmet nyttjades bland annat i samband med översvämningarna i Småland 2012. EU:s översvämningdirektiv²⁵ lägger grunden för mycket av det arbete som skett då det gäller att kartlägga översvämningssrisker och översvämningshot och att ta fram riskhanteringsplaner för översvämningshotade områden.

En särskild aspekt på översvämningar gäller dagvattenhanteringen i städer och tätorter. Det stora skyfallet i Köpenhamn 2011 gav en tydlig illustration av sårbarheten i detta avseende.

Översvämningssriskerna kan grovt sett beskrivas som relaterade till höjda nivåer i sjöar och vattendrag, skyfall och havsnivåhöjningar. Frågan om havsnivåhöjning behandlas mer samlat under avsnitt 4.5, övriga aspekter på översvämningar tas upp i följande avsnitt.

Sjöar och vattendrag

Klimat- och sårbarhetsutredningen behandlade i ett delbetänkande framtida översvämningssrisker i anslutning till de stora sjöarna Mälaren, Hjälmaren och Vänern.²⁶ Generellt sett konstaterade utredningen i sitt slutbetänkande att översvämningssrisken i landets sjöar och vattendrag beräknades öka främst i västra Götaland och västra Svealand samt i delar av Norrland. Vänernområdet framstod i analysen som utsatt.²⁷ Åtskilliga förorenade områden är av historiska skäl belägna i nära anslutning till sjöar och vattendrag genom anknytningen till bland annat vattenkraft,

²⁵ Europaparlamentets och rådets direktiv 2007/60/EG av den 23 oktober 2007 om bedömning och hantering av översvämningssrisker (EUT L 288, 6.11.2007, s. 27, Celex 32007L0060).

²⁶ SOU 2006:94.

²⁷ SOU 2007:60.

transportmöjligheter, utsläpp av processvatten och intag av kylvatten. Flera potentiellt förorenade områden bedöms också vara sårbara för naturolyckor som översvämning, erosion, skred och ras.

MSB har under senare år på regeringens uppdrag tagit fram omfattande underlag kring de översvänningsrisker som föreligger utmed landets vattendrag. Översvänningskartor fungerar som stöd för landets kommuner och länsstyrelser i arbetet med att förebygga och hantera översvämningar samt klimatanpassa samhället. Karteringarna utgör här viktiga planeringsunderlag för den översiktliga fysiska planeringen, som stöd för arbetet med kommunala handlingsprogram och i räddningstjänstens övergripande planering av insatser. Översiktliga karteringar genomfördes fram till 2011 för cirka 75 vattendrag med stöd av den äldre höjddmodellen över Sverige (GSD-höjddata 50+). Underlaget visade vattnets utbredning för 100-årsflödet och det högsta beräknade flödet.²⁸

Sedan nya och mer detaljerade höjddata från Lantmäteriet (GSD-höjddata 2+) blivit tillgängliga har en översyn och uppdatering av de översiktliga översvänningskarteringarna skett. Kartorna bygger på den uppsättning scenarier som var tillgänglig för några år sedan, alltså inte det nya klimatunderlag som Dricksvattenutredningen redovisar i detta delbetänkande, men bedöms ändå ge en god bild avseende framtida översvänningsrisker. MSB har i sin uppdatering byggt på klimatanpassade 100- och 200-årsflöden som visar den förväntade situationen år 2100. För de orter som angivits ha betydande översvänningsrisk enligt förordningen om översvänningsrisker har även ett 50-årsflöde för dagens klimat karterats. I riskkartorna finns vattenskyddsområden enligt miljöbalken och skyddade områden för dricksvatten enligt vattenförvaltningsförordningen med om de ligger inom områden som hotas av översvämning.²⁹ I slutet av 2015 ska riskhanteringsplaner i enlighet med översvänningsdirektivet och förordningen om översvänningsrisker vara färdiga.³⁰ Arbetet sker i cykler och revideras vart sjätte år med MSB som ansvarig myndighet och i nära samarbete med länsstyrelserna. En inledande landsomfattande bedömning av översvänningsrisker följs av kartering i de områden som bedömts som mest utsatta. I ett avslutande steg tas riskhanteringsplaner för översvänningsriskerna fram av berörda länsstyrelser.

Karteringen av översvänningsrisker utgår från scenariedata och beräknas med en s.k. hydraulisk modell som förvaltas av SMHI. Modellen kan vid en akut översvämning användas för att beräkna aktuella vattenståndsprognoser. Sådana prognoser levereras till berörda kommuner och länsstyrelser som en del i SMHI:s ordinarie varnings- och prognosverksamhet, så att en eventuell översvämningssituation kan hanteras mer effektivt.³¹

SGU lät på uppdrag av MSB 2011 samköra uppgifter kring översvänningsriskområden med egna databaser, bland annat avseende vattentäkter och grundvattenmagasin. Vattentäktsarkivet är en databas som bland annat innehåller information om landets allmänna vattentäkter med uppgifter om uttagsmängder, förekomst av skydd och lägesangivelser. Cirka sju procent (144) av vattentäkterna i databasen

²⁸ MSB (2015). <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Oversvamning/Oversiktlig-oversvamnings-kartering/>, 2015-05-18.

²⁹ Ibid.

³⁰ Förordningen (2009:956) om översvänningsrisker samt Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2013:1) om länsstyrelsens planer för hantering av översvänningsrisker (riskhanteringsplaner).

³¹ MSB (2015). <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Oversvamning/Oversiktlig-oversvamnings-kartering/>, 2015-05-18.

befanns ligga inom översvämningsriskbedömda områden. Två tredjedelar av dessa avsåg grundvattentäkter (inklusive konstgjort grundvatten). Täkterna representerade sammantaget ett medeluttag på drygt 765 600 m³/dygn, motsvarande drygt 5 100 personers förbrukning. Uppgifter om landets grundvattenmagasin samlas i den särskilda databasen Grundvattenmagasin. Studien visade att närmare 1 800 grundvattenmagasin och ett stort antal tillrinningsområden berörs av översvämningsriskområden.³²

SMHI har regeringens uppdrag att svara för ett nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning. SMHI konstaterar i anslutning till sin avrapportering av det arbete som genomförts inför kontrollstation 2015, att dagens bedömningar avseende översvämningsrisker runt sjöar och vattendrag överensstämmer väl med de som gjordes av Klimat- och sårbarhetsutredningen.³³ Omfattande underlag har därefter tagits fram för Mälaren och Vänern, vilket lett till avsevärt förbättrade kunskaper om riskbilden för översvämningar i just dessa områden. De mer detaljerade analyserna har möjliggjorts av klimatologiska scenariedata i kombination med den höjddatabas som utvecklats av Lantmäteriet.³⁴

Mälaren

Fördjupade studier har genomförts kring klimatbetingade översvämningsrisker och de konsekvenser som kan uppstå för dricksvattenförsörjningen i Mälaren som råvattentäkt. Under 2011 tog länsstyrelserna runt Mälaren (länsstyrelserna i Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västmanlands och Örebro län) fram en bredare samhällsinriktad förstudie kring frågeställningar, åtgärdsstrategier och konsekvenser som borde studeras närmare inför att framtida havsnivåhöjningar riskerar att utjämna nivåskillnaden mellan Mälaren och Saltsjön.³⁵ Med studien som grund tillskrevs regeringen med önskemål om ett fördjupat utredningsuppdrag kring förutsättningarna för Mälaren som framtida dricksvattentäkt. Berörda länsstyrelser lät som grund för ett sådant fortsatt arbete genomföra en kartläggning 2013.³⁶

En särskild utredning kring konsekvenserna av en översvämning av Mälaren genomfördes på regeringens initiativ av MSB 2012. De framtida översvämningsriskerna bedömdes i utredningen som höga, eftersom tillrinningen till Mälaren på sikt kan överstiga kapaciteten att tappa av vatten till Saltsjön. Fokus lades i analysen på samhällskritiska verksamheter, där det konstaterades att konsekvenserna av stigande vattennivåer blir störst inom sektorerna elförsörjning och kommunalteknisk försörjning. Översvämningar bedömdes således kunna påverka leveransförmågan av el, dricksvatten, avloppsrening och fjärrvärme. Höga kostnader bedömdes vid en översvämning uppstå främst för de kommuner där invånarna får hämta dricksvatten från tankbil om den ordinarie försörjningen slås ut. Ett ytvattenverk bedömdes riskera att stå utan fungerande råvattenpumpar vid relativt

³² SGU (2011). Framtida översvämningars eventuella påverkan på vattenförsörjningen. Dnr 08-1001/3011.

³³ SMHI (2015). Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat. Klimatologi nr 12.

³⁴ Ibid.

³⁵ Länsstyrelserna (2011). Mälaren om 100 år – förstudie om dricksvattentäkten Mälaren i framtiden.

³⁶ Länsstyrelserna (2013). Mälarens och Saltsjöns framtid i ett brett perspektiv.

måttliga vattennivåer. Ett av verken uppgavs klara försörjningen genom naturligt grundvatten i tre veckor utan tillförsel av ytvatten.³⁷

Risken för översvämningar kan i betydande utsträckning hanteras på lång sikt genom planering av byggande, dagvatten och utformning av ny infrastruktur. För befintliga områden med äldre bebyggelse kan problemen vara svårare att lösa. Exempel på detta är det klimatanpassningsarbete som pågår i Köpenhamn med erfarenheter från de omfattande regn och översvämningar som skedde 2011. Risken för klimateffekter på råvattenresurser och hantering av framtida översvänningsrisker utgör nu viktiga delar i Köpenhamns långsiktiga anpassningsarbete.³⁸

Vänern

Vänerns vattennivå steg kraftig runt årsskiftet 2000–2001 i samband med en utdragen period med ovanligt stora nederbördsmängder över Vänerns tillrinningsområde. Vattenståndet kulminerade under vintern till den högsta nivån sedan sjön reglerades 1937, drygt 0,8 meter över dämningssgränsen. Ett flertal tätorter i anknytande kommuner påverkades. Va-nät och reningsverk var den del av den kommunala infrastrukturen som orsakade de mest akuta problemen i nästan alla kommuner som drabbades. Orenat avloppsvatten bräddades vid många tillfällen och i några kommuner hotades även dricksvattenförsörjningen på olika sätt.³⁹

Den riskbild som Klimat- och sårbarhetsutredningen några år senare identifierade beträffande Vänern ledde också till fördjupade studier för att bedöma riskerna för framtida översvämningar. Länsstyrelsen i Västra Götalands län och SMHI kunde mot den bakgrunden modifiera bilden av de framtida riskerna för höga nivåer något, men den övergripande riskbilden kvarstod. En jämförelse mellan scenarier som gjorts vid olika tidpunkter visar att den allmänna bilden av klimatförändringarnas påverkan på 100-årsflöden i Sverige är förhållandevis stabil.⁴⁰

Fortsatta studier med utgångspunkt i SMHI:s framtidsscenarioer och Lantmäteriets höjddatabas har också genomförts på uppdrag av de samverkande kommuner som angränsar till Vänern. Tappningen från Vänern via Göta älv regleras sedan 2008 i överenskommelser mellan länsstyrelsen och Vattenfall AB för att med kännedom om aktuella väderprognoser kunna sänka de högsta vattenstånden på ett kontrollerat sätt. Prognosen över tillrinning till Vänern ska enligt överenskommelsen beaktas vid avtappningen, liksom temporära begränsningar i kraftstationer eller översvänningsrisker i älvdalen. Överenskommelsen har förlängts under tiden som nya utredningar om miljökonsekvenser pågår.⁴¹ Studier har rapporterats från området som bygger på framtidsscenarioer från SMHI och lantmäteriets höjddatabas. Vidare har sårbarheten för översvämningar studerats mer detaljerat för Karlstad och Vänersborg.⁴²

³⁷ MSB (2012). Konsekvenser av en översvämning i Mälaren – bilagerapport, samt WSP (2012). Konsekvensanalys av översvämning i Mälaren – Konsekvenser för samhällsviktig verksamhet, på uppdrag av MSB, s. 39–43.

³⁸ Köpenhamns kommun, <http://www.kk.dk/>, samt Sörelius, H. (2015), Klimatanpassning i Köpenhamn, bilaga till tidningen Svenskt Vatten nr 2, s. 18.

³⁹ Blumenthal, B. (2010). När Vänern svämmade över. Händelseutveckling och konsekvenser av översvämningen 2000/2001. Karlstad universitet, Centrum för klimat och säkerhet.

⁴⁰ SMHI (2010). Bergström, S. et al. Fördjupad studie rörande översvänningsriskerna för Vänern – slutrapport. Rapport 2010-85. Se även SMHI (2015), Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat, Klimatologi nr 12.

⁴¹ Länsstyrelsen i Västra Götaland (2012).

⁴² Se Karlstads universitet, Andersson (2013), Karlstads kommun (2010) samt Vänersborgs kommun (2014).

Skyfall

Ibland översvämmas områden som inte gränsar till ett vattendrag till följd av kraftiga skyfall eller långvarig nederbörd. Scenarierna för framtida klimatförändringar tyder på en ökad frekvens intensiva regn och tidvis kraftiga flöden i stora delar av landet och därmed återkommande risker för översvämningar. Mikrobiella och kemiska föroreningar kan då mobiliseras från markområden och transporteras till ytvattenförekomster och täkter. En särskild risk utgör de bräddningar av orenat avloppsvatten och dagvatten som vid skyfall kan föras direkt ut i recipienterna. Svenska ytvattenverk är i nuläget inte byggda för att kunna rena starkt mikrobiologiskt och kemiskt förorenade råvatten. Risk finns med andra ord för allvarliga störningar i dricksvattenförsörjningen i de drabbade områdena, speciellt gäller detta vid bräddning av orenat avloppsvatten.

Ökningen avseende den förväntade största dygnsnederbörden beräknas bli ungefär likartad i landet med en tendens till maximum i mellersta Norrland. Den extrema korttidsnederbörden <1 dygn har stor relevans för bedömningen av översvämningrisker i tätorter och för spridning av föroreningar och andra ämnen. Största ökningen beräknas här för de mest kortvariga regnen (20 minuter), vilka förväntas få en relativt jämn ökning över landet. Ökningen beräknas tillta under seklets andra hälft.

Klimat- och sårbarhetsutredningen bekräftade att kommunerna i stor utsträckning också var medvetna om risken för översvämning då det gällde de egna vattentäkterna. I en enkätundersökning med svar från 226 kommuner bedömdes det vid den tiden (2006) uppstå påtagligt ökade föroreningsbetingade risker i tillrinningsområdet för 86 procent av vattentäkterna i händelse av översvämningar eller skyfall.⁴³ Drygt sex procent av Sveriges kommunala vattentäkter i jord löpte då, enligt en kartläggning av SGU, risk att ställas under vatten vid översvämning.⁴⁴ Vid stora översvämningar bedömdes risken påtaglig för att förorenat översvämningssvatten ska påverka viktiga kommunala dricksvattentäkter.

MSB har i en aktuell kunskapsöversikt redovisat kunskapsläget kring översvämningar i urbana områden förorsakade av extrem nederbörd. Avrinningssystemen dimensioneras vanligen efter de s.k. 10-årsregnen. Intensiva regn med större intensitet än sådana 10-årsregn inträffar årligen på flera platser i landet. Utbredningen är ofta mycket lokal och därmed svår att förutsäga, vilket innebär att långsiktiga förebyggande åtgärder är det enda som kan minska sårbarheten. Exempel på intensiva och samhällspåverkande skyfall gäller t.ex. Kalmar 2003, Skellefteå 2006, Norrköping 2011, Kungsbacka–Göteborg 2011, Köpenhamn 2011 och Malmö 2014.⁴⁵

⁴³ SOU 2007:60, Bilaga B 13, s. 13–14.

⁴⁴ SGU (2007). Kan grundvattenmålet klaras vid ändrade klimatförhållanden? Underlag för analys. SGU-rapport 2007:9.

⁴⁵ För händelser fram till 2012 se MSB (2013), Pluviala översvämningar, Konsekvenser vid skyfall över tätorter, En kunskapsöversikt.

4.4.2 Vattenbrist

Redan med dagens klimat förekommer vattenbrist på sina håll. Vissa delar av landet riskerar att som följd av de samlade klimateffekterna oftare än i dag få låga grundvattennivåer och mer uttalad brist på vatten, det gäller t.ex. Blekinge, Gotlands och Kalmar län. En konsekvens kan bli att det periodvis blir svårt att fullt ut tillgodose behovet av dricksvatten.

Länsstyrelsen i Kalmar län har i den regionala vattenförsörjningsplan som tagits fram bland annat pekat på den klimatbetingade bristsituation som kan uppstå till följd av otillräckliga yt- och grundvattentillgångar i framtiden. Förhållandet sammanhänger också med det ökade sommarboendet i regionen. Redan i dag föreligger vattenbrist sommartid på Öland och i sydöstra delarna av länet.⁴⁶ Arbetet med att främja ett långsiktigt och hållbart nyttjande av vattenresurserna innefattar övervakning och regionalt sammanhållna åtgärdsplaner. De klimatbetingade riskerna utgör också en faktor vid prövning och tillsyn enligt miljöbalken och andra regelverk.⁴⁷

MSB har finansierat en fördjupad studie genomförd av Totalförsvarets forskningsinstitut kring eventuell vattenbrist till följd av torka i Örebro län.⁴⁸ Örebro kommuns största vattenverk är beroende av ytvatten från Svartån. En värmebölja bedömdes där inte påverka vattentillgång eller vattentemperatur kritiskt, däremot var det faktum att reservvatten saknades i tillräcklig utsträckning en betydande risk ur andra aspekter. Vattenbrist bedömdes kunna uppstå i de mindre grundvattentäkter som nyttjades inom kommunen. Där fanns dock möjligheter till framförhållning, eftersom grundvattennivåer främst beror på längre perioder av minskad grundvattenbildning och inte påverkas så mycket vid kortare värmeböljor. Skulle brist uppstå innebär det att det tar lång tid att komma tillbaka till en normal situation eftersom grundvattennivåerna höjs först efter längre perioder med nederbörd. För enskilda brunnar bedömdes situationen under långvariga värmeböljor och torka kunna bli mer allvarlig.

Ytvattenförekomster som används för råvattenuttag och samtidigt utgör recipienter för renat avloppsvatten, kan påverkas negativt ur dricksvattenproduktionens perspektiv vid minskande vattenmängder genom relativt högre halter avloppspåverkat vatten. Länder med större temperaturpåverkan på vattnet än i Sverige kan på sina håll även få högre kemikaliekostnader vid torka.⁴⁹

4.4.3 Skred och ras

Dricksvattenpåverkande fysiska risker som följd av förändringar av vattentillgång och flöden avser främst erosion, skred, ras och andra markrörelser. Häftiga regn och ökade flöden innebär i vissa områden tilltagande risker för skred och ras som kan påverka ledningsnät och annan infrastruktur samt förändra råvattnets kvalitet. Stora mängder suspenderat material och kemikalier från förorenad mark kan vid

⁴⁶ Länsstyrelsen i Kalmar län (2013). Regional vattenförsörjningsplan, s. 81–82.

⁴⁷ Länsstyrelsen i Kalmar län (2015). www.lansstyrelsen.se/Kalmar, 2015-05-18.

⁴⁸ MSB (2013). Hur värme påverkar samhällsviktiga sektorer. Konsekvenserna av en värmebölja i Örebro län för transporter, skydd och säkerhet samt dricksvattenförsörjning.

⁴⁹ Livsmedelsverket (2015). Underlag till utredningen 2015-03-12.

skred och ras frigöras i ytvattenförekomster som nyttjas för framställning av dricksvatten.

Klimat- och sårbarhetsutredningen konstaterade att denna typ av risker ökade på många håll i landet på grund av tilltagande och mer intensiv nederbörd och därav ökade flöden. Bebyggelse och infrastruktur i västra Götaland, östra Svealand och Norrlands kustland bedömdes som särskilt utsatta.⁵⁰

Föroreningar i sediment är ett resultat dels av äldre utsläpp till ytvattenrecipien- ter från olika industriella verksamheter genom direkta utsläpp, läckage, dumpning etc., men också av pågående utsläpp av ”nyare” föroreningar från t.ex. avloppsrens- ingsverk, orenat eller inte tillräckligt renat processvatten, släckvatten från brän- der eller spill från olyckor. Föroreningar kan, förutom genom skred och ras, sprid- as från sediment genom olika typer av processer. Vid tillfällen med extremt höga flöden kommer stora mängder förorenade sediment att (re)mobiliseras och sedi- mentera nedströms, på svämplan, i sjöar och vikar. Förloppen resulterar i omflytt- ning och spridning av de föroreningar som tidigare ackumulerats i sediment.⁵¹

Det finns i dag ingen heltäckande kartläggning av föroreningar i sediment i Sve- rige och hur de kan komma att påverka vattenkvalitet i olika hänseenden. Kun- skaperna om betydelsen kring detta av tillkommande klimataffekter är därför be- gränsade.

Omfattande forskning och kunskapsutveckling kring skred- och rasrisker har skett under senare år, främst vid Statens geotekniska Institut, SGI, och i samver- kan med SMHI. Studier har skett av förändringar i markens geotekniska egenskap- er och de konsekvenser som kan bli följden av erosion och naturolyckor, som skred och ras, till följd av ett förändrat klimat. Avgörande för riskpanoramats är förändrade grundvattenförhållanden och s.k. porvattentryck men också förekom- sten av höga flöden, erosion och tjälförhållanden.⁵²

Exempel på skredbenägna områden finns längs Göta älv, som utgör en viktig resurs för dricksvattenförsörjningen i Göteborgsområdet. Ett antal omfattande skred har inträffat här sedan 1950-talet, som resulterat i såväl dödsfall, stora mate- riella förluster som påverkan på älven. Nackdelarna i området är dels instabiliteten längs älven, dels att industrialisering och trafik till lands och vatten innebär ut- släppsrisker. Beräkningar tyder på att höga tappningar från Väneren väntas bli van- ligare i framtida klimat.⁵³ Tappningsmöjligheterna begränsas dock av erosions- och skredriskerna. Grumligheten i råvattnet varierar och påverkar förutsättningarna för dricksvattenproduktionen, men det största problemet är den mikrobiologiska kva- liteten. Göteborgs råvattenintag vid Lärjeholm stängs därför av vid återkommande tillfällen under året, huvudsakligen på grund av misstänkt eller konstaterad mikro- biologisk påverkan på vattenkvaliteten i Göta älv.⁵⁴

SGI har inom ramen för den s.k. Göta älvutredningen tagit fram omfattande underlag om klimatrelaterade risker kring vattenföringen i Göta älv. Riskerna rela-

⁵⁰ SOU 2007:60.

⁵¹ Se t.ex. Schiedek, D. et al. (2007), Review : Interactions between climate change and contaminants. *Marine Poll. Bull.* 54:1845–1856.

⁵² Se SMHI (2015), Underlag till Kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat, *Klimatologi* nr 12, samt SGI (2015), www.swedgeo.se, som har uppgifter om aktuella rapporter, bl.a. beträffande Göta älv 2012 och Norsälven 2015.

⁵³ SMHI (2010). Bergström, S. et al., Fördjupad studie rörande översvämningsriskerna för Väneren – slutrapport. Rapport nr 2010-85.

⁵⁴ Svenskt Vatten Utveckling (2010). Utbrott av calicivirus i Lilla Edet – händelseförlopp och lärdomar, s. 10.

terar ofta direkt till de råvattenintag och den dricksvattenproduktion som kan påverkas. Studierna pekar på att variationsbredden då det gäller grundvattennivåer förväntas öka, de maximala nivåerna blir högre och de lägsta nivåerna blir ännu lägre. Göta älvutredningen konstaterar att det vid större ras eller skred är sannolikt att berörda kommuners va-system påverkas så att ledningar brister, ledningssträckor dras med av rasmassorna eller att andra anläggningar som vattenverk, avloppsledningsverk, pumpstationer eller tryckstegringsstationer raseras eller att funktionerna hos dessa anläggningar försämras eller upphör helt. Som sekundära effekter kan driftstörningar uppstå, ornat avloppsvatten rinna ut och människors hälsa påverkas.⁵⁵ Sanerings- och stabiliseringsåtgärder efter inträffade ras och skred kan i sig innebära långvarig påverkan på möjligheterna att nyttja råvattnet.

SGI genomför sedan 2013 på regeringens uppdrag fortsatta skredriskkarteringar vid ett antal älvar, vattendrag och kuststräckor. Ett tiotal vattendrag har identifierats som klimatutsatta och prioriterats ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Inledningsvis bedömdes Norsälven, Sävån, Ångermanälven och Norrströms utlopp som mest angelägna att skredriskkartera.⁵⁶

Den samlade kunskapen kring flödesregimer och erosion i vattendrag och längs kustområden har utvecklats under senare år liksom kunskaperna kring anknytande spridning av föroreningar. Stabilitetskartering i anslutning till bebyggda områden görs av MSB, som har regeringens uppdrag att stödja kommuner och länsstyrelser i områden där det finns risk för jordrörelser. Karteringarna ger stöd i kommunernas egen riskinventering och riskhantering och kan ligga till grund för handlingsplaner och mer detaljerade utredningar i utpekade områden. Prioritering av kommuner och områden görs av MSB i samråd med SGI.⁵⁷

Sveriges geologiska undersökning, SGU, kartlägger jordlager med särskilt fokus på områden med stabilitets- och erosionsproblem, både på land och under vatten längs kuster och i vattendrag. Även spår av jordskred inventeras i hela landet. Det jordartsunderlag som tas fram modelleras tillsammans med höjddata för att ta fram kartor som visar förutsättning för jordskred. Underlagen från SGU tas fram för att identifiera de områden där risk för stabilitetsproblem finns och där fördjupade studier kan behöva göras.

Klimat effekter kan även uppstå genom mindre skred och ras som lokalt kan orsaka rörbrott och skador på ledningssystemen. Riskerna är av samma karaktär som beskrivs under översvämningar ovan, dvs. att föroreningar tränger in i ledningssystem för dricksvatten. Redan i dag hör oplanerade störningar genom t.ex. ledningsbrott och läckage till sådant som händer flera gånger årligen i näten hos majoriteten av producenterna. Rörbrott på grund av ras och sättningar kan förekomma som följd av såväl översvämningar och kraftiga flöden, som till följd av sjunkande grundvattennivåer, vilket klimatförändringarna beräknas leda till i vissa delar av

⁵⁵ SGI(2012). Göta älvutredningen. Skredrisker i Göta älvdalen i ett förändrat klimat. Se även delrapporten Metodik konsekvensbedömning – VA-system, 2011, delrapport 22, samt Göransson, G. et al. (2013), A methodology for estimating risks associated with landslides of contaminated soil into rivers. *Sci.Tot.Env.* 472:481–495.

⁵⁶ SGI (2013, 2015), Prioritering av områden för skredriskanalys, Klimatanpassningsanslag 2013, Publikation 6, samt Skredrisker i ett förändrat klimat – Norsälven, Publikation 18.

⁵⁷ MSB (2015). <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Skred-ras-och-slamstrommar/Oversiktlig-stabilitetskartering/>, 2015-05-18.

landet. Ett varmare klimat kan dock innebära att riskerna för tjälskador som påverkar mark och ledningssystem vintertid reduceras.⁵⁸

4.4.4 Kemiska risker

Effekterna av kemiska föroreningar på människors hälsa visar sig oftast inte förrän efter många år, vilket kan göra det svårt att koppla samman orsak och verkan.⁵⁹ Det är därför viktigt att dricksvattenproducenter följer de trender och förändringar som kan finnas avseende användningen av kemiska ämnen på längre sikt. Det är också viktigt att följa utvecklingen av de eventuella förekomster i vatten som framkommer genom egen provtagning och den övervakning som i övrigt ska förekomma av s.k. skyddade områden inom ramen för vattenförvaltningen. Ökad antropogen belastning gör att vikten av en god och väl täckande övervakning blir allt större. Sådan övervakning krävs i ökad utsträckning för att med rimligt god framförhållning kunna detektera förändrad status i vattenförekomster avsedda för dricksvatten.

Klimatförändringarna skapar nya förutsättningar och innebär i flera avseenden högre risker då det gäller råvattnets kvalitet. Bland annat kan förekomsten av markföroreningar få ökad betydelse då det gäller riskerna för att vattenförekomster och vattentäkter ska kontamineras i de delar av landet där nederbörd och flöden ökar till följd av klimatförändringar. Häftiga och mer frekvent återkommande skyfall, på sina håll i kombination med perioder av ökad uttorkning av markskiktet, ökar riskerna för att kemikalier och andra föroreningar från gammal industri- mark, deponier och vägrenar kan föras ut i de vattenförekomster som är avsedda som råvattentäkter. Uppehållstiden i mark och grundvatten för kemiska föroreningar är lång, vilket kan leda till att täkter påverkas långsiktigt.

SGU har i olika studier belyst förekomsten av kemiska ämnen i vattnet vid olika grundvattennivåer. Det konstaterades då ett samband mellan koncentration och grundvattennivå för i stort sett alla kemiska ämnen. Sambanden relaterar antingen till utspädning vid stigande vattennivåer eller ökande halter av exempelvis tungmetaller då grundvattennivån når det organiska materialet i de översta markhorisonterna.⁶⁰

Inom jordbruket förutses vissa effekter av en förväntad längre odlingsäsong som följd av klimatförändringarna. Antal behandlingar med kemiska växtskyddsmedel väntas öka, och då främst i odling av höstvetete, höstoljeväxter samt majs. Ökningen uppskattas till 15–30 procent, beroende på gröda och typ av växtskyddsmedel.⁶¹ Den förlängda odlingsäsongen kan även medföra en ökad näringsbelastning.

Dricksvattenproducenterna ska löpande kontrollera sitt råvatten utifrån bedömningar av de lokala risker och förutsättningar som råder. Provtagningen är inte detaljreglerad, men stöd finns i Livsmedelsverkets vägledning och de branschriktlinjer som Svenskt Vatten tagit fram. Viss delning av provtagningsdata och inform-

⁵⁸ Livsmedelsverket (2012). Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder. Rapport nr 6–2012, s. 24 ff.

⁵⁹ *Ibid.*, s. 6.

⁶⁰ SGU (2012). Klimatets påverkan på koncentrationer av kemiska ämnen i grundvatten. Rapport 2012-27, s. 29.

⁶¹ Jordbruksverket (2012), Vässa växtskyddet för framtidens klimat, rapport 2012:10, samt Kemikalieinspektionen (2010), Klimatförändringarna – en utmaning för jordbruket och giftfri miljö, PM 2/10.

ation sker också gentemot miljömålsarbetet och vattenförvaltningen, medan det omvända tycks vara mer ovanligt. Aktuella miljöalarm har aktualiserat frågan, t.ex. då det gäller förekomsten av svärnedbrytbara perfluorerade ämnen från brandövningsplatser som påträffats i naturen och också påverkat ett stort antal råvattentäntäcker.⁶² Föroreningar som drabbar grundvattentäcker kan vid långsam vattenomsättning få långvariga effekter, vilket gör det angeläget att tidigt identifiera och förebygga riskerna. Dricksvattenutredningen återkommer till kontroll- och övervakningsfrågorna i sitt slutbetänkande.

4.4.5 Mikrobiologiska risker

Klimat- och sårbarhetsutredningen lämnade i sin bilaga om dricksvattenförsörjning i ett förändrat klimat 2007 en kort översikt då det gäller mikrobiologiska risker för dricksvattnet.⁶³ Man konstaterade med hänvisning till Världshälsoorganisationens (WHO) ramverk med riktlinjer för dricksvatten, att de mikrobiologiska riskerna är de primära i såväl utvecklingsländer som mer utvecklade länder. De största riskerna sammanhänger fortfarande, enligt mer aktuell vägledning från WHO, med intag av råvatten till vattenverken som förorenats med avföring från djur eller människor.⁶⁴ Spridning av smittämnen kan t.ex. ske från enskilda och allmänna avlopp, dagvatten, badplatser, åker- och betesmark.

Klimatscenerierna pekar på ökande nederbördsmängder och ökad frekvens av häftiga regnskurar i stora delar av landet fram till nästa sekelskifte. Ökad vattenburn transport och spridning av patogener kan t.ex. ske genom översvämningar, bräddningar från avloppsverk eller pumpstationer och ökade flöden som för med sig förorenat vatten från betesmarker, åkrar och annan jordbruksmark, vägar och industriområden. Ökad nederbörd kan medföra högre grundvattenytor och minskad luftad zon i marklagren, vilket i sin tur kan öka risken för att mikrobiella föroreningar inte avskiljs eller avdödas i lika hög grad som tidigare. En förlängd odlingssäsong och utsträckt utevistelse för betande djur medverkar också till att riskerna med förorenad avrinning från betesmark och gödslad jordbruksmark kan öka. Den ökade lufttemperaturen medför en ökad ytvattentemperatur och i vissa fall grundvattentemperatur som på ogynnsamt sätt kan påverka artsammansättningen och leda till förändrade betingelser för tillväxt av mikroorganismer, främst bakterier, och alger (ytvatten) som kan påverka råvattnet. Avskiljningen av virus ökar dock, eftersom sådan avskiljning underlättas i ett varmare vatten. Att de sammantagna riskerna är påtagliga framgår genom de studier som redan i dag påvisar ett tydligt samband mellan kraftig nederbörd och vattenburna sjukdomar.⁶⁵

⁶² Regeringen (2015). Regeringen skärper arbetet mot miljögifter. Pressmeddelande 15 januari 2015.

⁶³ SOU 2007:60, Bilaga B 13.

⁶⁴ World Health Organization, WHO (2011). Guidelines for drinking-water quality.

⁶⁵ Se SOU 2007:60, Bilaga B 13, Svenskt Vatten Utveckling (2009), Mikrobiologisk förorening av ytvattentäcker – kommunala avloppsutsläpp och stokastisk simulering, SGU och HaV (2012), Klimatets påverkan på koncentrationer av kemiska ämnen i grundvatten, SGU-rapport 2012:27, samt Livsmedelsverket (2012), Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder, Rapport nr 6–2012.

Organismer och rapporterade sjukdomsfall

Livsmedelsverket konstaterar i egenskap av centralt ansvarig myndighet för dricksvattenfrågor, att erfarenheterna talar för att spridningen av virus, bakterier och protozoer (parasiter) i vatten utgör reella hot även i Sverige. Sjukdomsutbrott och utredningar i anslutning till dessa visar att norovirus⁶⁶, bakterier av typen *Campylobacter* samt protozoerna *Giardia* och *Cryptosporidium* är särskilt relevanta för svensk del. Vissa risker är också förknippade med toxinbildande cyanobakterier, *Legionella* och inälvsmaskar. På detta sätt kan sjukdomsframkallande bakterier, virus, protozoer och i vissa fall inälvsmaskar komma in i beredningsanläggningar. WHO bekräftar bilden och pekar på att det även i utvecklade länder kan förekomma parasitära protozoer, som kännetecknas av hög tålighet mot klordesinfektion, överlever länge i miljön och endast kräver en låg infektionsdos för att smitta.⁶⁷

Osäkerheten kring förekomst och typer av organismer är dock betydande, eftersom en stor andel utbrott skett utan att specifik mikroorganism med säkerhet kunnat knytas till de sjukdomsfall som rapporteras.⁶⁸ De bakomliggande orsakerna kan bland annat vara att föroreningen redan passerat vattenverket, brister beträffande provtagningen eller att metoder använts som inte kan detektera tillräckligt låga virushalter. Utbrottsstatistiken har också visat sig vara ett alltför trubbigt instrument då det gäller att uppskatta den verkliga sjukligheten, sannolikt föreligger en betydande underrapportering. Det kan gälla utbrott av mindre omfattning eller med mer utdragna förlopp. Den nationella styrningen omfattar inte hur information kring hälsorelaterade besvär och utbrott ska redovisas och lagras lokalt, kommunerna avgör själva om och hur de vill utforma system för rapporteringen av incidenter. Konstaterade vattenrelaterade utbrott ska dock rapporteras av de kommunala kontrollmyndigheterna via särskilt webbformulär till Livsmedelsverket och utredas i samverkan med bland annat Folkhälsomyndigheten (tidigare Smittskyddsinstitutet) och rapporteras till Livsmedelsverket.⁶⁹

I Finland, där ett obligatoriskt system för rapportering av vattenburna utbrott infördes 1997, har betydligt fler utbrott därefter registrerats. Under perioden 1999–2006 angavs 59 utbrott med totalt cirka 27 000 sjukdomsfall.⁷⁰ Det verkliga antalet personer som årligen blir magsjuka till följd av dricksvattenkonsumtion ligger sannolikt mycket högre än de rapporterade. I Sverige ligger det totala antalet rapporterade sjukdomsfall på cirka 72 000 under perioden 1992–2011. Nivån understiger normalt 2 000 rapporterade fall årligen, bortsett från enstaka år med större rapporterade utbrott.⁷¹

⁶⁶ Norovirus tillhör liksom sapovirus gruppen calicivirus, som orsakar den s.k. vinterkräksjukan.

⁶⁷ WHO (2011). Guidelines for drinking-water quality.

⁶⁸ Livsmedelsverket (2012). Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder. Rapport nr 6–2012. Bygger bl.a. på projekten Dricksvatten – klimatrelaterade kemiska och mikrobiologiska risker, samt det nordiska samarbetsprojektet Virus i vatten (2013), Skandinavisk kunskapsbank (VISK), Handbok, Hur man arbetar för att minska samhällets sårbarhet för vattenburen virusmitta trots förändrat klimat.

⁶⁹ 4 § Livsmedelsverkets föreskrifter (LIVSFS 2005:7) om epidemiologisk utredning av livsmedelsburna utbrott anger att de kommunala kontrollmyndigheterna ska epidemiologiskt utreda livsmedelsburna utbrott (vilket inkluderar dricksvattenburna utbrott). Detta ska ske i samarbete med smittskyddsläkare, länsstyrelse, Smittskyddsinstitutet och i förekommande fall andra tillsynsmyndigheter. Resultaten ska snarast rapporteras till Livsmedelsverket.

⁷⁰ WHO (2011). Policy guidance on water-related disease surveillance, s. 18–19.

⁷¹ Livsmedelsverket (2012). Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder. Rapport nr 6–2012, s. 34.

Mikrobiologiska riskeffekter av förväntade klimatförändringar kan i många fall vara svåra att särskilja från påverkan av andra faktorer, men generellt sett kan klimatförändringarna ändå bedömas leda till en allmän riskhöjning. Spridning via vatten och miljö är även relevant för andra sjukdomar än magtarminfektioner. *Legionella* är ett exempel där antalet fall kan ha en koppling till meteorologiska faktorer som högre lufttemperatur och därmed ökande vattentemperaturer.⁷²

I nedanstående tabell ges en översikt då det gäller vattenburna mikroorganismer som bedöms särskilt relevanta för svenska förhållanden. Tabellen utgör ett utsnitt av WHO:s mer omfattande översikt för ett 30-tal arter vattenburna patogener.

Tabell 4.1 Egenskaper hos infektiösa mikroorganismer med relevans för dricksvattenproduktion, belagda i svenska sjukdomsutbrott sedan 1980. Listan utgör ett utdrag som baseras på längre förteckningar enligt WHO⁷³ och Livsmedelsverket⁷⁴.

Organism	Överlevnad i råvatten	Infektionsdos	Djur möjlig smittkälla	Hälsorelevans	Symptom /sjukdom	Exempel på större utbrott i Sverige
Bakterier						
<i>Campylobacter</i>	Måttlig	Låg	Ja	Hög	GE	
Patogena <i>E. coli</i>	Måttlig	Låg	Ja	Hög	GE	
<i>Legionella sp.</i>	Lång	Måttlig	Nej	Hög	Lunginflammation	Ej belagt ⁷⁵
<i>Salmonella</i>	Lång	Hög	Ja	Hög	GE, varierande	
<i>Shigella</i>	Kort	Låg	Nej	Hög	GE	
Virus						
Norovirus (<i>Calici</i>)	Lång	Låg	Kanske	Hög	GE	Lilla Edet 2010
Protozoer						
<i>Cryptosporidium hominis</i> och <i>C. parvum</i>	Lång	Låg	Vissa arter ⁷⁶	Hög	GE	Östersund o. Skellefteå 2010–11
<i>Entamoeba histolytica</i>	Måttlig	Låg	Nej	Hög	GE	
<i>Giardia intestinalis</i>	Måttlig	Låg	Ja	Hög	GE	

Anm. Överlevnad definieras som detektionsperiod för infektiösa mikroorganismer i 20° C, där "Kort" är upp till en vecka, "Måttlig" upp till en månad och "Lång" längre tid än en månad. Infektionsdos varierar, vid "Låg" krävs upp till 100 mikroorganismer för att infektera 50 procent av vuxna, friska exponerade, "Måttlig" kräver 100–10 000 och en "Hög" över 10 000 mikroorganismer. Hög hälsorelevans innebär att mikroorganismen sammantaget bedöms betydelsefull med avseende på smittorisk och allvarlighetsgrad. GE betecknar mag-tarmproblematik som primärt symptom.

En betydande del av de svenska vattenverken konstruerades under en period då bakterier bedömdes vara den huvudsakliga mikrobiologiska risken för dricksvattnet. Kunskaperna om andra typer av smittämnen har därefter ökat, till exempel beträffande riskerna med protozon *Cryptosporidium*. Risken för människor belä-

⁷² Smittskyddsinstitutet, Socialstyrelsen och Statens veterinärmedicinska anstalt (2011). Smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat. Redovisning av ett gemensamt regeringsuppdrag.

⁷³ WHO (2011). Guidelines for drinking-water quality, s. 119.

⁷⁴ Livsmedelsverket (2005, 2012), Dricksvatten och mikrobiologiska risker, rapport 28-2005, samt Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder, rapport nr 6-2012.

⁷⁵ Denna bakterie brukar inte räknas med bland övriga dricksvattenburna patogener, eftersom den sprids på annat sätt via aerosoler, infektion genom inandning. Inga belagda dricksvattenburna utbrott under perioden.

⁷⁶ Endast *Cryptosporidium parvum* och *C. hominis* infekterar människa av det 20-tal arter som kan förekomma.

des första gången i mitten av 1970-talet och först 1984 bekräftades riskerna med vattenburen smitta. Ett antal kända utbrott har därefter skett, till exempel i Milwaukee i USA 1993, då 400 000 människor insjuknade. Senare forskning gör det sannolikt att anta att det då rörde sig om arten *C. hominis* med humant ursprung⁷⁷, dvs. samma typ som förekom vid utbrotten i Östersund och Skellefteå.

Mikrobiologisk smitta kännetecknas ofta av akuta besvär, till exempel illamående, feber och magsjuka. Inkubationstiden kan dock variera, vilket kan få betydelse för smittspårningen. Norovirus har relativt kort inkubationstid på upp till två dygn, medan det för *Campylobacter* kan gå längre tid. Mer långvariga och kroniska besvär kan också uppträda, som mag-tarmproblematik, njur- och leverskador eller förlamningar.⁷⁸ I uppföljningsstudier av utbrottet i Milwaukee konstaterades att den dödlighet som sammanhänge med utbrottet av denna protozo inom en tvåårsperiod efter utbrottet omfattade ett 50-tal personer, många till följd av att de också hade nedsatt immunförsvar.⁷⁹

Ett flertal mer omfattande utbrott kopplade till virus och parasiter har förekommit som pekar på problem också under nordiska förhållanden, bland annat i Bergen (*Giardia*, 2004), Lilla Edet (*Calicivirus*, 2010), Östersund (*Cryptosporidium hominis*, 2010–2011) och Skellefteå (*Cryptosporidium hominis*, 2011).⁸⁰

Störningar i distributionssystemet

Förekomsten av specifika patogener i dricksvattnet sammanhänger bland annat med störningar under olika faser av dricksvattenförsörjningen. Livsmedelsverket pekar på en mängd faktorer som får betydelse i vattnets kretslopp då det gäller råvattnet, beredningsprocessen och under distribution och konsumtion av dricksvatten. Avgörande är att skydda vattenförekomster och täkter, skaffa sig god kännedom om råvattnets kvalitet då det gäller förekomst av patogena mikroorganismer, anpassa metoderna för beredningen samt att öka kunskaperna kring förekomst, frekvens och hälsomässig relevans för de störningar som kan uppkomma under distributionen av dricksvatten. Förorening av råvattentäkter från djurs och människors avföring i kombination med otillräcklig beredning utgör kanske den främsta orsaken till att patogener hamnar i dricksvattnet. Riskerna för att orenat avloppsvatten når råvattenkällorna ökar till följd av ökande intensiva nederbördstillfällena och därav följande bräddningar av avloppsvatten.⁸¹ Utgående renat kommunalt avloppsvatten har också visat sig vara en mikrobiologiskt omfattande spridningskälla då det gäller ytvattentäkter.⁸² Cirka 40 procent av alla kända dricksvattenrelaterade sjukdomsutbrott bedöms kunna härledas till händelser på

⁷⁷ Zhou, L. et al. (2003). Molecular surveillance of *Cryptosporidium* spp. in raw wastewater in Milwaukee: implications for understanding outbreak occurrence and transmission dynamics. *J. Clin. Microbiol.*, 41(11):5274–5277.

⁷⁸ Livsmedelsverket (2012). Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder. Rapport nr 6–2012.

⁷⁹ Hoxie, N. J. et al. (1997). *Cryptosporidiosis*-associated mortality following a massive waterborne outbreak in Milwaukee, Wisconsin. *Am. J. Publ. Health*, 87(12):2032–2035.

⁸⁰ Livsmedelsverket (2012), Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder, Rapport nr 6–2012, samt Smittskyddsinstitutet (2011), *Cryptosporidium* i Östersund, Smittskyddsinstitutets arbete med det dricksvattenburna utbrottet i Östersund 2010–2011.

⁸¹ VISK, Virus i vatten, Skandinavisk kunskapsbank (2013). Handbok. Hur man arbetar för att minska samhällets sårbarhet för vattenburen virussmitta trots förändrat klimat. Nordiskt samarbetsprojekt.

⁸² Svenskt Vatten Utveckling (2009). Mikrobiologisk förorening av ytvattentäkter – kommunala avloppsutsläpp och stokastisk simulering.

distributionsanläggningen, t.ex. backflöde, arbete på ledningsnätet, lågt tryck eller ledningsbrott.⁸³ Det faktum att avloppsledningar ofta ligger under dricksvattenledningarna i samma rörgravar kan också ha betydelse. Kunskapen om läckage i dricksvattenledningarna är i regel bättre än motsvarande kunskaper för avloppsledningarna.

Desinfektionsmetoderna klorering, liksom i ännu högre grad ozonering, oxiderar (bryter ned) högmolekylära och svårnedbrytbara humusämnen, varvid det bildas mindre och mer lättnedbrytbara föreningar. Metoderna medför viss risk för tillväxt av mikroorganismer i ledningsnäten. Ozon används inte i någon högre utsträckning i Sverige. Normalt krävs ett biologiskt aktivt filtersteg efter ozoneringssteg för att ta bort lättnedbrytbara ämnen före distribution.

Ett annat problem med ledningsnät som transporterar humusrikt dricksvatten är att den effektiva fria kloren snabbt reagerar med humus, NOM, och då till en del övergår i organiska kloraminer med låg desinfektionseffekt. Med det regelverk som finns i Sverige är det inte möjligt att använda tillräckligt hög nivå fritt klor i ledningsnäten. Ett effektivt skydd mot eventuellt inträngande sjukdomsalstrande mikroorganismer är därför svårt att upprätthålla.

Förutsättningarna för förekomst och tillväxt av patogena mikroorganismer och normalt förekommande mikroorganismer sammanhänger också med distributionsystemens utformning. Reservoarer och ledningsnät utgör potentiella risker i de fall dricksvattenomsättningen är låg eller om föroreningar kan tränga in från omgivningen. Det kan också förekomma felaktiga anslutningar eller avsaknad av backventiler som förhindrar att vattnet tränger tillbaka från fastigheter eller vid bräddningar. Händelser kan genereras av korskopplingar/backflöde, i samband med reparationer, brott/läckage, fallande ledningstryck, spolning/rengöring av näten och genom tillväxt i ledningarna. I distributionsnäten kan en riklig förekomst av mikroorganismer finnas i anslutning till den biofilm som sitter på insidan av ledningarna. Forskning om biofilm pågår och visar att biofilmen tycks kunna bidra till att utjämna vattenkvalitet och eventuellt också motverka spridning av patogener under vissa förhållanden.⁸⁴ Det finns också studier som tyder på att biofilm kan skapa förutsättningar för att oönskade mikroorganismer finner en fristad och kan växa till i ledningsnäten.⁸⁵

Klimat effekter relaterade till infrastruktur och ledningsnät kan vara av olika slag, till exempel rent fysiska påfrestningar som orsakar brott och läckor (genom översvämningar, skred och ras), liksom temperaturmässigt förändrade tillväxtbetingelser för patogener. Som framgått ovan kan också en ökande tillgång på organiskt kol skapar gynnsamma förutsättningar för mikrobiologisk tillväxt, vilket gör utvecklingen för det svenska humusrika råvattnet särskilt relevant. Desinfektionsmetoder som klorering och ozonering kan medverka till att bryta ner organiska substanser så att de blir lättillgängliga för mikroorganismer.⁸⁶

⁸³ Livsmedelsverket (2013). Mikrobiologiska risker vid dricksvattendistribution – översikt av händelser, driftstörningar, problem och rutiner. Rapport 19-2013.

⁸⁴ Lührig, K. et al. (2015). Bacterial community analysis of drinking water biofilms in Southern Sweden. *Microbes Environ.* 30:99–107.

⁸⁵ Livsmedelsverket (2012). Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder. Rapport nr 6-2012.

⁸⁶ *Ibid.*, s. 27.

4.5 Havsnivå

Klimatscenerierna sammanhänger med förväntat stigande havsnivåer. Nettoökningen blir störst i södra Sverige. Havsnivåhöjningarna uppstår som en följd av den termiska expansionen av världshaven i kombination med isavsmältningen.

4.5.1 Havsnivåhöjningar

Havsnivåhöjningar påverkar bland annat förutsättningarna för befintlig och framtida bebyggelse och infrastruktur i kustnära områden. Även dricksvattenförsörjningen kan påverkas. Landets länsstyrelser, liksom många kommuner, arbetar därför med riktlinjer för planering av byggande i relation till förutsedda nivåhöjningar längs landets kuster.

En särskild problematik gäller Östersjön i relation till Mälaren, som utgör huvudsaklig dricksvattentäkt för en stor del av befolkningen i Mälardalen. Denna folktäta del av landet har fortsatt stora behov då det gäller utbyggnad av bostäder och infrastruktur. Att bygga nära vattnet är attraktivt, men inte enkelt då många intressen måste vägas mot varandra. Länsstyrelserna kring Mälaren arbetar med gemensamma rekommendationer till kommunerna i länen för byggande nära vattnet. Ett högt scenario för havsnivåhöjningen under resterande del av seklet innebär 30–50 centimeters nivåhöjning av Saltsjön då hänsyn tas till landhöjningen. Mot bakgrund av den planerade ombyggnaden av Slussen i Stockholm⁸⁷ och med stöd i de scenarier som nu finns att tillgå kring nivåhöjningar och ökade flöden, anges i rekommendationerna vilka säkerhetsavstånd som behöver beaktas då det gäller grundläggning i förhållande till vattennivåer i Mälaren och Saltsjön.⁸⁸ På längre sikt med fortsatta höjningar av Saltsjön krävs ytterligare åtgärder om Mälaren ska kunna skyddas som dricksvattentäkt. Framtidsperspektiven innebär stora utmaningar och även kostnadsmissigt betydande beslut och har därför även aktualiserat frågan om hur regleringen av Mälaren mer principiellt ska drivas ansvarsmässigt och finansiellt.⁸⁹

Risken för saltvatteninträngning är på sikt också det största hotet mot Mälaren som dricksvattentäkt. Antalet dagar med risk för saltvatteninträngning ökar successivt. Om Saltsjön står 30 centimeter högre än i dag, så ökar antalet dagar då nivån blir högre än Mälarens cirka 15 dagar per år jämfört med en dag per år under nuvarande förhållanden. Ökar havsnivån med totalt 50 centimeter uppstår tillfällen för möjlig saltvatteninträngning under 60 dagar per år. Mer begränsad inträngning vid få tillfällen under året bedöms dock kunna hanteras med tillgänglig beredningsteknik, eftersom salthalterna då blir mycket små.⁹⁰

⁸⁷ Regleringen ändras, som följd av ny konstruktion av Slussen. Livslängden för konstruktionen är beräknad till cirka 80 år, fördubblad tappningskapacitet möjliggörs. Översvämningsriskerna runt Mälaren minskas. Referens: se nedanstående not.

⁸⁸ Länsstyrelserna (2014). Remissversion av rekommenderade nivåer för bebyggelseplacering vid Mälaren. Rekommendationerna planeras föreligga i slutlig form 2015.

⁸⁹ Prop. 2012/13:1 (UO6), s. 78, samt Skogö, I. (2012), Ny reglering av Mälaren – Ansvarsfördelning och finansiering av åtgärder samt förslag till ändring i lagen (1997:614) om kommunal redovisning, Fö2011/113/SSK.

⁹⁰ KSL, Kommunförbundet Stockholms län och VAS-rådet (2011), Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län, Rapport nr 10, utarbetad av Thyréns, samt SMHI (2011), Projekt Slussen – Förslag till ny reglering av Mälaren, Rapport 2011–64. Se även länsstyrelserna (2014), som i ett högscenarioperspektiv anger beräknad nettohöjning av Saltsjön under resterande del av seklet till 30–50 centimeter.

Saltvatten utgör redan i dag ett problem i Göteborg då det gäller råvattenintaget från Göta älv. Saltvattnet från Kattegatt tränger under vissa förutsättningar in i älven så att intaget vid Lärjeholm måste stängas. Ökade flöden i Göta älv och stigande havsnivåer påverkar dock de förhållanden som kan komma att gälla i framtiden.⁹¹

4.5.2 Saltvatteninträngning i grundvattnet

I Sverige kan saltvatteninträngning redan i dag förekomma till följd av överuttag och/eller för stora brunnsdjup på låglänta platser. Det gäller särskilt i områden under marina gränsen (områden som någon gång varit täckta av saltvatten) genom inläckage av relik saltvatten. Vid vattenuttag i kustnära områden kan mycket höga salthalter också förekomma beroende på inläckage av saltvatten upp till cirka 200 meter från kustlinjen.⁹²

WHO har påtalat att högre havsnivåer kan medföra ökade risker för saltvatteninträngning i kustnära grundvatten och därmed påverka dricksvattentäkter.⁹³ Klimatförändringarna ger i övrigt en rad olika effekter, på sina håll även minskade flöden. I sydöstra delen av landet beräknas medelavrinningen och därmed vattentillgången minska till följd av ökande avdunstning då klimatet blir varmare. Nyttjande av kustnära grundvattentäkter med minskande nybildning av grundvatten kan då öka risken för saltvatteninträngning.

I Stockholms läns kust- och skärgårdsområden är överuttag av grundvatten vanligt, med resulterande saltvatteninträngning som följd, vilket försvårar uppfyllelsen av miljömålet om grundvatten.⁹⁴

Höjning av havsyttnivå kan rent generellt öka risken för saltvatteninträngning, liksom de förändringar som beror på ökade grundvattenuttag. De kan ge nya strömningsriktningar och därmed saltvattenpåverkan på vattenkvaliteten.⁹⁵ Redan i dag är saltvatteninträngning ett hot mot mindre grundvattentäkter i kust och skärgård.⁹⁶ Effekterna av havsyttnivåförändringen ser dock olika ut i olika delar av landet beroende på landhöjningen. En kartläggning visar att den kommunala planeringen också kan behöva utvecklas för att möta de framtida havsnivåhöjningarna.⁹⁷

4.6 Vattenförekomster och beredningsarbete

I detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av de skillnader som finns och kan komma att utvecklas mellan olika typer av råvattentäkter utifrån ett klimatperspektiv. Ett avslutande delavsnitt behandlar vattenproducenternas beredningsarbete, med särskild inriktning på hanteringen av mikrobiologiska risker och den anknytande övervakning och provtagning som sker. Denna del av dricksvattenför-

⁹¹ Göta älvs vattenvårdsförbund (2005). Fakta om Göta älv. En beskrivning av Göta älv och dess omgivning 2005.

⁹² SGU (2007). Områden där grundvattennivån är av särskild betydelse för vattenkvalitet, markstabilitet eller ekosystem. SGU-rapport 2007:20.

⁹³ WHO (2011). Guidelines for drinking-water quality.

⁹⁴ Miljömålsrådet (2010). Miljömålen – svensk konsumtion och global miljöpåverkan.

⁹⁵ SGU (2010). Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat. SGU-rapport 2010:12.

⁹⁶ KSL, Kommunförbundet Stockholms län och VAS-rådet (2011). Robust och klimatsäkrad dricksvattenförsörjning i Stockholms län, Rapport nr 10, utarbetad av Thyrens.

⁹⁷ FOI och KTH (2012). Framtida havsnivåhöjning i kommunal planering. FOI-R-3500-SE.

sörjningen har stark koppling till klimatfrågorna och kan bidra till att belysa betydelsen av de risker som tidigare beskrivits.⁹⁸ Skyddsarbetet kring vattenförekomster, produktion och distribution av dricksvatten är dock betydligt mer omfattande än så och rymmer en rad olika åtgärder och förhållningssätt som också avser andra risker än de klimatrelaterade. Den samlade bilden ges i utredningens slutbetänkande.

4.6.1 Dricksvattenförsörjning baserad på ytvatten

Ytvattnet står volymmässigt för hälften av det allmänt producerade dricksvattnet i landet, men ytvattentäkterna utgör till antalet en mindre andel, cirka 10 procent, av samtliga allmänna vattentäkter.⁹⁹ Dessa vattentäkter är således relativt få, men genomsnittligt betydande då det gäller uttagsnivåer. Ytvattentäkter uppvisar i regel större variation i kvalitet över säsonger och mellan år än grundvattentäkter då det gäller vattnets karaktär, vilket ställer större krav på övervakning och anpassning av beredningsprocessen. Ytvattentäkter har avgörande betydelse för många större tätortsområden.¹⁰⁰

Ytvattenförekomster exponeras för en rad riskfaktorer, som i regel inte i lika hög grad eller med större tidsmässig fördröjning kan påverka grundvattenförekomster. Temperaturer och nederbördens storlek, intensitet och variationer under året påverkar, liksom anknytande markanvändning och föroreningskällor inom tillrinningsområdet. Kraftiga regn kopplat till översvämningar ökar riskerna för kemiska och mikrobiella föroreningar av täkterna. Vattendragens flödeshastigheter påverkas, liksom på sina håll riskerna för erosion, sedimentering, ras och skred. Klimatförändringarna kan också innebära förändringar avseende nedbrytningsprocesser, upptag hos organismer, algbildning m.m., vilket sammantaget ger effekter på råvattnets kvalitet.

Den ökade nederbörd som klimatscenarierna ger uttryck för i stora delar av landet innebär ökande ämnestransport till olika typer av vattenförekomster. Vid utformning av vattenskyddsområden kan zoner och föreskrifter behöva ses över om ett erforderligt skydd ska kunna upprätthållas eftersom tillrinningsområdet och rinntider kan ändra karaktär. Kvaliteten på vattnet påverkas negativt genom att också halter av humusämnen, grumlighet, närsalter m.m. ökar, vilket Klimat- och sårbarhetsutredningen påpekade i sin beskrivning av riskerna för dricksvattnet.¹⁰¹ Klimatförändringar som ger höjda temperaturer under sommaren kan vidare medverka till ökad tillväxt av cyanobakterier (blågröna alger) och produktion av hälsofarliga toxiner, vilket lyfts fram som ett allvarligt kvalitetshot i svenska vatten.¹⁰²

Höjning av vattentemperaturer påverkar de näringsmässiga förutsättningarna, ekosystemens sammansättning, ger ökning i pH, förstärker och förlänger tiden för temperaturskiktning i sjöar och kan öka riskerna för syrebrist i bottenvattnet. Det

⁹⁸ Avsnittet baseras till stor del på kunskaper och erfarenheter hos utredningens experter och referensgrupper. En rad rapporter finns också framtagna av Svenskt Vatten Utveckling och finns tillgängliga på www.svensktvatten.se.

⁹⁹ Räknas även s.k. konstgjort grundvatten in, är en större andel av volymen ytvattenbaserad. Se följande avsnitt.

¹⁰⁰ Svenskt Vatten (2015), <http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Dricksvatten/Ravatten/>, 2015-05-18.

¹⁰¹ SOU 2007:60, Bilaga B 13, s. 20.

¹⁰² European Environmental Agency, EEA (2007). Climate change and water adaptation issues. Technical report No 2, s. 105.

varmare ytvattnet lägger sig i ett skikt över det kallare bottenvattnet, vilket leder till sämre omblandning, som i sig kan innebära att de nedre vattenlagren är mindre påverkade av föroreningar från ytskiktet. Det kan i sin tur leda till att t.ex. fosfor frigörs från sediment samt att järn och mangan utlöses i vattnet.¹⁰³ Skiktning av sjöar kan dock periodvis möjliggöra intag av råvatten under det s.k. språngskiktet, vilket kan vara positivt för att undvika eventuella ytliga föroreningar.¹⁰⁴ Ett kallare råvatten minskar också riskerna för senare bakterietillväxt i distributionsledet. Fenomenet med språngskikt utnyttjas av de allra flesta ytvattenverk sedan lång tid tillbaka där det finns tillräckliga djup. Viss begränsad omblandning av varmare och kallare vatten sker kontinuerligt, men språngskiktet transporteras sakta nedåt från försommar till höst, tills den slutligen passerar råvattenintaget. Längre tids skikt-bildning medför dels att bottenvattnet blir stillastående under länge tid än i nuläget med ökad risk för syrebrist, dels att ytvattnet riskerar att passera råvattenintaget någon gång på sensommaren. Den varmare perioden under året blir allt längre. Vegetationsperioden förlängs mot slutet av seklet med upp till 90 dagar i Götaland och 40 dagar i Norrland.¹⁰⁵ Varmt råvatten kan ge ökad exponering för alger och ytliga föroreningar från båttrafik, dag- och avloppsutsläpp.

Klimat- och sårbarhetsutredningen fann att de befarade kvalitetsförsämringarna kunde bekräftas på många håll i landet, försämringarna omfattade inte bara förändringar avseende färg, grumlighet och algförekomst, utan även kemiska förändringar och reningstekniska problem i vattenverken. Svenska och skandinaviska ytvatten kännetecknas av höga halter humusämnen, vilket kan störa beredningsprocessen och utgöra en källa för tillväxt av mikroorganismer om inte beredningen är fullt anpassad till råvattnets egenskaper. Ökande humushalter kan redan konstateras i viktiga råvattenförekomster, som t.ex. Mälaren.¹⁰⁶ Med ökande belastningar på vattenreningen ökar också riskerna för att vattenverk kan överbelastas, i förlängningen innebär det ökade risker för hälsorelaterade händelser kopplade till dricksvattnet. Det innebär att mängden kemikalier som används för rening ökar liksom behoven av teknisk utveckling vid vattenverken för att upprätthålla kvalitetskraven. Både dessa förhållanden är kostnadsdrivande.

Ytvattenförekomster utgör inte sällan recipienter för renat avloppsvatten och dagvatten. Dricksvattenutredningen har inte i uppdrag att närmare studera dessa delar av dricksvattnets kretslopp, men kan konstatera att bristfällig rening och risk för bräddningar som följd av klimatförändringar också innebär ökande risker för dricksvattnet.

4.6.2 Dricksvattenförsörjning baserad på grundvatten

Hälften av landets allmänna dricksvattenproduktion grundar sig på grundvatten, den andra hälften på ytvatten. Av det grundvatten som används utgörs dock hälften av s.k. konstgjort grundvatten, där ytvatten har infiltrerats eller inducerats in i grundvattenmagasin för att förstärka grundvattenbildningen. Ytvattnet renas på naturlig väg under transporten genom marklagren (omättad samt mättad zon vid

¹⁰³ Chalmers (2012), Kunskapsöversikt dricksvatten, samt SOU 2007:60, Bilaga B 13, s. 20.

¹⁰⁴ Sokolova, E.(2011). Hydrodynamic and microbiological modelling of water quality in drinking water sources. Lic. thesis, Chalmers.

¹⁰⁵ SMHI (2010). Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete. Klimatologi nr 2.

¹⁰⁶ Norrvatten (2014). Årsredovisning 2013, s. 26.

bassänginfiltration och mättad zon vid inducerad infiltration).¹⁰⁷ Klimatförändringarna kan påverka transporttider genom markprofilen för ytvattnet vid konstgjord infiltration, vilket har stor betydelse för reningsgraden och skyddet mot främst mikrobiologiska föroreningar. Ytvattnets förändrade mikrobiologiska och kemiska status i ett förändrat klimat kan också i hög grad påverka reningsprocesserna. Kunskapsläget är f.n. ofullständigt.

Flertalet av våra större grundvattenmagasin finns i anslutning till isälvsavlagringar, som åsar och deltan. Mindre vattentäkter kan även finnas i anslutning till grovkornigare jordlager, morän eller i form av brunnar som borrhats i berg. Det finns även större grundvattenmagasin i den sedimentära berggrunden.

För enskild vattenförsörjning är grundvatten den helt dominerande källan, vilket berör cirka 1,2 miljoner personer mer varaktigt och ytterligare lika många då det gäller vattenförsörjning vid fritidsboende.¹⁰⁸

Grundvattnets flödes hastighet varierar, bland annat beroende på markens genomsläpplighet och sprickförekomsterna i berg. Klimatförändringarna kan påverka vattnets uppehållstider i marken och de processer som kan reducera mikrobiologiska smittämnen och risker.¹⁰⁹

Nybildningen av grundvatten är en viktig faktor då det gäller att balansera de uttag som sker i en täkt. Grundvattenbildningen sker genom infiltration av nederbörd. Det kan även ske via inducering av ytvatten i de fall där isälvsavlagringar ansluter till vattendrag eller sjöar. Grundvattenbildning kan även förstärkas med konstgjord grundvattenbildning genom infiltration av ytvatten i särskilda bassänger. Stora arealer krävs för avrinningen om nybildningen ska ske enbart genom nederbörd. Exempel på detta är landets till ytan största grundvattenmagasin under Kristianstadsslätten.¹¹⁰

Klimat- och sårbarhetsutredningen konstaterade med stöd av Sveriges geologiska undersökning, SGU, att de då tillämpade klimatscenarierna pekade på att landets grundvattenbildning skulle öka, utom i sydöstra Götaland, där nivåerna beräknades sjunka. Det angavs också att mindre grundvattenförekomster kunde påverkas negativt till följd av sin känslighet för torrperioder. Främst gällde det då enskilda vattentäkter och mindre allmänna täkter. De senare analyser nu genomförts och som redovisas i detta delbetänkande anknyter i allt väsentligt till denna bild.

Grundvattnets kvalitet har historiskt bedömts som god med mindre krav på beredning än vad som gällt för ytvattentäkter. Vid infiltration av nederbörd och ytvatten filtreras vattnet så att grumligheten (turbiditeten) minskar, medan salthalten kan öka. Halten av organisk substans minskar, liksom syrehalten. Kemiska processer och utlösning av olika ämnen i grundvattnet ökar mineralinnehållet i vattnet och mängden mikroorganismer minskar kraftigt vid passagen genom den omättade zonen. Variationen är dock stor beroende på hydrogeologiska förutsättningar, uppehållstider m.m. Ökad nederbörd med höjda grundvattennivåer som följd kan medföra en sämre infiltrationsförmåga och en kortare uppehållstid för filtrering.

¹⁰⁷ Svenskt Vatten (2015). <http://www.svenskvatten.se/Vattentjanster/Dricksvatten/Ravatten/>, 2015-05-18.

¹⁰⁸ SGU (2015). <http://www.sgu.se/grundvatten/brunnar-och-dricksvatten/>, 2015-05-18.

¹⁰⁹ SOU 2007:60, Bilaga B 13, s. 24.

¹¹⁰ Ibid., s. 25.

Vid konstgjord grundvattenbildning har den omättade zonens utformning bedömts få avgörande betydelse för avskiljningsförmågan då det gäller mikroorganismer. Översvämningar och höga flöden förkortar vattnets uppehållstider och ger bland annat utrymme för ökade virusrisker. Klimat- och sårbarhetsutredningens underlag tyder på att klimatrelaterade försämringar kan få genomslag för många grundvattentäkter, åtskilliga producenter uppges också ha dålig kunskap om de uppehållstider som kännetecknar den konstgjorda grundvattenbildningen i deras anläggningar.

SGU har tidigare redovisat en rad effekter på grundvattennivåer och vattenkvalitet som följd av klimatförändringar och extrema väderhändelser. Sammanfattningsvis nämns i punktform en rad faktorer.

- Förändringar av förhållanden i markytan och rotzonen, där den underliggande omättade zonen och grundvattenzonen ger andra förutsättningar för markprocesser, vilket kan påverka grundvattnets kvalitet.
- Förändrad markanvändning, som sannolikt är av större betydelse för grundvattenkvaliteten än förskjutningar i naturliga markprocesser.
- Längre och intensivare odlingsperioder i jordbruket på grund av varmare klimat, vilket kan medföra ökad användning av gödsel och växtskyddsmedel. Det finns också ett ökat behov av medel som följd av varmare och fuktigare förhållanden. Risken för läckage av näringsämnen och växtskyddsmedel kan öka.
- Förändrat vinterklimat kan i vissa delar av landet ge upphov till ökad vintervägsaltning, medan behoven minskar i andra delar.
- Mobilisering av markföroreningar vid höjda grundvattennivåer och ändrade flödesriktningar. Vid översvämning ökar risken för förorening av grundvattnet betydligt.
- Påverkan på tekniska system, avloppsanläggningar och markförlagda cisterner, som kan innebära en föroreningsrisk för grundvattnet.
- Förändringar av grundvattnets flödesriktningar, som kan innebära att förorenat vatten rör sig mot vattentäkter och enskilda brunnar.
- Förändrat utbyte mellan ytvatten och grundvatten, så att höga ytvattenflöden och nivåer ger ett ökat inflöde av ytvatten i grundvattenmagasinen.
- Höjning av havsyttnivån, vilket kan öka risken för saltvatteninträning.¹¹¹

Klimatförändringarnas påverkan på grundvattnet och de risker som kan utvecklas för dricksvattenförsörjningen diskuterades av Klimat- och sårbarhetsutredningen. Den allmänna bild som då presenterades gäller i huvudsak fortfarande. Vi ser nu tydligare behov av att förbättra kunskaperna om hur grundvattnet förändras, kvantitativt och kvalitativt i de stora grundvattenmagasinen och att få en tydligare bild av tillgången i områden där vikande grundvattenbildning kan skapa brist i förhållande till framtida efterfrågan på råvatten. Kunskaperna behövs för att ta fram lokala och regionala vattenförsörjningsplaner som underlag för den mer långsiktiga dricksvattenförsörjningen och samhällsplaneringen.

¹¹¹ SGU (2010). Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat. SGU-rapport 2010:12, s. 25.

De senaste klimatberäkningarna från SMHI ger möjlighet till fortsatta analyser av grundvattennivåer i olika delar av landet. En sammanfattande redovisning av dessa analyser från SGU ges i kapitel 3. SGU:s rapportering återfinns i sin helhet i bilagorna 7 och 8.

4.6.3 Beredning av dricksvatten

Beredningen av dricksvatten uppvisar stora skillnader beroende på råvattnets karaktär och de lokala förhållanden som råder. Merparten av dricksvattenförsörjningen baseras, som tidigare framgått, på ytvatten från sjöar och vattendrag. I detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av de klimatrelevanta förhållanden som präglar arbetet vid vattenverk som baseras på ytvatten respektive grundvatten.

Ytvatten

Klimatförändringarna medför successivt ökad nederbörd, vilket i kombination med mildare vintrar kan påverka urlakningen av olika ämnen från marken. Bland annat kan urlakningen av närsalter och humusämnen från mark till vatten öka. Närsalter utgörs bland annat av kväve- och fosforföreningar som fungerar som näring till levande organismer. I kombination med varmare vatten kan den ökande urlakningen av närsalter bidra till kraftigare algbloomning, som i sin tur kan ge upphov till bildning av algtoxiner. Humusämnen består av en komplex blandning av nedbrytningsprodukter från växt- och djurriket, men också av ämnen som bildats av mikroorganismer på land eller i vattendraget. Ytvattnet i många vattentäkter i södra och mellersta Sverige blir nu allt brunare, beroende på ökad tillförsel av bland annat färgade humusföreningar från främst skogsmark. Högre vattentemperaturer i ytvattentäkter kan även innebära en ökad risk för mikrobiella problem i ledningsnäten.¹¹²

Klimatförändringarna kan även medföra ökade utsläpp av oönskade kemiska ämnen till ytvattentäkter, speciellt i samband med tillfällena med extrem nederbörd. Ämnena kan t.ex. tillföras via renat eller orenat bräddvatten, enskilda avlopp eller förorenad mark. I en ytvattentäkt avklingar en förorening i allmänhet betydligt snabbare än i en grundvattentäkt, givet att tillförseln av ämnet avtar.

De barriärer som används i vattenverken för beredningen av råvattnet kan karakteriseras som avskiljande eller inaktiverande. Till avskiljande räknas kort infiltration av ytvatten (mindre än 14 dygn), kemisk fällning med filtrering, långsamfiltrering eller membranfiltrering. Inaktiverande barriärer kan t.ex. vara klor inklusive klordioxid, ozon och UV-ljus.

Normalt avskiljs cirka 50–80 procent av råvattnets humusämnen i ytvattenverkens kemiska fällningsprocess, som utgör huvudreningsteget vid de flesta ytvattenverk. Stora färgade högmolekylära humusämnen binds till flockar av aluminium- eller järnhydroxid, som sedimenteras bort. Efter sedimentering passerar vattnet sandfilter för att filtrera bort återstående flockar. Kemisk fällning är också den dominerande metoden då det gäller avskiljning av mikroorganismer. Avskilj-

¹¹² Weyhenmeyer, G. A. et al. (2014). Browning of Boreal Freshwaters Coupled to Carbon-Iron Interactions along the Aquatic Continuum. PLoS ONE 9(2): e88104. doi:10.1371/journal.pone.0088104.

ningseffekten är dock inte tillräcklig vid mer förorenade råvatten utan kemisk fällning måste kombineras med andra metoder, t.ex. inaktiverande metoder. Kemisk fällning tillämpas vid de allra flesta ytvattenverk i Sverige liksom utomlands.

En stor del av den ofärgade och lågmolekylära humusfraktionen passerar igenom fällningsprocessen och kan störa efterföljande mikrobiella inaktiverande avskiljningssteg för mikroorganismer, främst desinfektion med klor men även med UV-ljus. Vattenverkens förmåga att rena bort eventuellt förekommande miljö- och hälsostörande kemiska ämnen i råvattnet kan också störas av kvarvarande lågmolekylära humusfraktioner.

Barriären mot kemiska ämnen utgörs normalt av den kemiska fällningen men kan kompletteras med att vattnet filtreras genom bäddar fyllda med aktivt granulerat kol. Adsorptionen till aktivt kol är normalt en mycket effektiv barriär mot flertalet miljö- och hälsostörande kemiska ämnen, men denna reningseffekt upphör efter en kort tids drift p.g.a. att adsorberade humusföreningar blockerar kolets förmåga att binda till sig störande ämnen.¹¹³ Under större delen av filtrens drifttid, som i medeltal är cirka tre år, saknas en extra kemisk barriär. Kolets huvudsakliga funktion blir i stället att fungera som yta för mikroorganismer. Dessa mikroorganismer fångar upp och bryter ned lättnedbrytbara lukt- och smakstörande ämnen i råvattnet, som främst bildas av alger i vattentäkten. Många ytvattenverk saknar ett kolfiltersteg, men tillämpar i stället s.k. långsamfiltrering där vattnet finpoleras genom filtrering genom sandbäddar. I sandbäddarna sker motsvarande mikrobiologiska process som den i biologiskt aktiva kolfiler, men även här sker ingen avskiljning av svårnedbrytbara kemiska ämnen.

Den ökande mängden organiskt material i råvattnet kan innebära ökade svårigheter att få full effekt i avskiljande barriärer.¹¹⁴ Under senare tid har därför även membranfiltrering tagits i bruk som avskiljande filter. Membranfiltreringen är mycket effektiv och störs inte av ökande humushalter. Denna typ av filtrering är ännu ovanlig på svenska vattenverk, men kommer sannolikt att få ökad betydelse. Lågtrycksmembran som s.k. ultrafilter har fördelar jämfört med högtrycksmembran, som kräver större investeringar, mer energi och kan ha igensättningsproblem trots tvätt med speciella kemikalier. Membranens effekt baseras på avskiljning där porstorlekar kan väljas så att även virus kan avskiljas. Det finns dock behov av fortsatt metodutveckling för att kunna verifiera olika typer av barriärverkan.¹¹⁵

Under senare år har det visat sig att riskerna för vattenburen smitta genom parasitära protozoer och virus troligen är större än smittämnen i form av bakterier. Den traditionella inaktiverande kloreringen bedöms som effektiv för att inaktivera bakterier men har visat sig mindre verksam mot protozoer. Virus kan också inaktiveras av klor men är mer motståndskraftiga än bakterier. En del sjukdomsframkallande organismer kräver liksom vissa virus betydligt högre halter av fritt klor för att avdödas än vad som är tillåtet.¹¹⁶ God effekt mot parasitära protozoer kan uppnås med UV-ljus.¹¹⁷ Det är dock inte fullt verksamt under alla betingelser och mot alla mikroorganismer.

¹¹³ Chalmers (2012). Kunskapsöversikt dricksvatten, s. 33.

¹¹⁴ Livsmedelsverket (2012). Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder. Rapport nr 6–2012, s. 15–20.

¹¹⁵ Chalmers (2015). Underlag från programmet DRICKS till utredningen. Se även Chalmers (2012).

¹¹⁶ Chalmers (2012). Kunskapsöversikt dricksvatten, s. 35.

¹¹⁷ Smittskyddsinstitutet, Livsmedelsverket, Svenskt Vatten (2012). Cryptosporidium och Giardia – rekommendationer om åtgärder för att minska risken för vattenburen smitta.

Andra inaktiverande barriärer som används är klordioxid och ozon. Sammantaget bedöms det sämsta skyddet föreligga gentemot virus eftersom det krävs effektiva och ofta kombinerade inaktiverande barriärer för flera virustyper. UV-ljus bedöms t.ex. ha dålig effekt på adenovirus, som är en vanlig orsak till infektion hos människa men inte hör till de mer betydelsefulla vattenburna hoten. Effektiva avskiljande ultrafilter i kombination med fällning kan dock möta detta problem.¹¹⁸

Klimatförändringarna kan, som beskrivits ovan, i sig innebära att vissa traditionella barriärer tappar i verkningsgrad. Förväntningarna om fortsatt ökande humushalter i vattnet leder således till att barriärverkan genom klordesinfektion försämras. Även andra desinfektionsmedel kan påverkas negativt av vatten med höga humushalter. Ozon bryter ner organiskt material till kolföreningar som kan fungera som näring för mikroorganismer.

Sammanfattningsvis måste svenska ytvattenverk i nuläget bedömas som känsliga för klimatförändringar. Detta kan bero på översvämningar, ökande temperaturer, nya typer av mikroorganismer och ökande humushalter.

Skyddet mot eventuellt förekommande algtoxiner och kemiska föroreningar, som halter av lösta petroleumprodukter, läkemedelsrester, hormonstörande ämnen, perfluoriderade ämnen m.m. saknas eller är lågt vid svenska ytvattenverk.

Konstgjord infiltration

Vid konstgjord grundvattenbildning renas ett ytvatten på naturlig väg genom att det får infiltrera igenom en grusås och bilda grundvatten, som sedan pumpas upp. Exakt hur reningsprocesserna sker i jordlagren är till stora delar okänt, men även här sker adsorption av humusämnen på järn- och aluminiumkomplex i jordlagren liksom även en mikrobiologisk nedbrytning. En stor skillnad mot naturlig grundvattenbildning är att den infiltrerade vattenvolymen är betydligt större (> 500 gånger) än den som sker vid naturlig nederbörd per ytenhet och att de naturliga reningsprocesserna kan verka under betydligt kortare tid. Svårnedbrytbara miljö- och hälsostörande ämnen som är lättlösliga (vattenlösliga) kan inte avskiljas i denna naturliga reningsprocess.

I takt med alltmer ökande humushalter i det infiltrerade ytvattnet pressas de naturliga reningsprocesserna ännu mer. För att möta effekterna av klimatförändringar och ett mer humusrikt vatten med oftare återkommande algblomning kan det därför bli nödvändigt för fler vattenproducenter än i dag att komplettera sina anläggningar med förreningssteg som reducerar dessa ämnen i infiltrationsvattnet.

Grundvatten

Även grundvattnet kan påverkas negativt av klimatförändringar. Ökande nederbörd i form av regn vintertid i södra och mellersta Sverige ökar den naturliga grundvattenbildningen och därmed infiltrationshastigheten. Stigande grundvattennivåer minskar markens naturliga reningsförmåga då den omättade zonen krym-

¹¹⁸ Livsmedelsverket (2012), Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder, Rapport nr 6–2012, samt det nordiska samarbetsprojektet VISK (2013), Skandinavisk kunskapsbank, Handbok, Hur man arbetar för att minska samhällets sårbarhet för vattenburen virussmitta trots förändrat klimat.

per. Viss risk kan då finnas för ökande humushalter i grundvattnet liksom sämre mikrobiell barriärverkan.

Dricksvattenberedningen vid grundvattenverk är i regel förenklad jämfört med ytvattenverken. En rad anpassningar kan dock behövas som följd av klimatförändringarna och den förändring som sker av råvattnet, t.ex. ökad halt av organiskt material och påverkan till följd av förändrade transporttider i marken.

Det varmare klimatet kan leda till ökade uttag av grundvatten för ändamål som bevattning och kylning. Detta kan påverka tillgången på naturligt grundvatten. Ökad medeltemperatur kan också få negativt inverkan på en av grundvattnets största fördelar, den låga vattentemperaturen, som minskar risken för mikrobiell tillväxt på ledningsnätet och problem med lukt och smak.

Många grundvattentäkter är utsatta för föroreningsrisker. Grundvatten förorenas inte så lätt, men när väl en förorening nått ett grundvatten kan det ta mycket lång tid att bli av med den. Med ökande regnintensitet ökar risken för översvämning av t.ex. industriområden och därmed också risken för kemikalieutsläpp. Dessa kan med snabba avrinningsförlopp också snabbare nå täktområden. Även förekomster av växtskyddsmedel (t.ex. BAM) och andra kemikalier (t.ex. PFAA) kan sannolikt nå vattentäkterna snabbare vid ökad strömningshastighet hos grundvattnet.¹¹⁹

Övervakning, provtagning och detektion

Eftersom problem med råvattnet utgör en viktig grundorsak till många av de dricksvattenburna sjukdomsutbrott som skett, framstår kunskap om råvattnets kvalitet som en viktig utgångspunkt för att vidta åtgärder och anpassa beredningsprocesserna i dricksvattenproduktionen. Producenterna avgör utifrån lokala förutsättningar hur ett anpassat program för råvattenprovtagning bör utformas. Den miljöövervakning som bedrivs som stöd för miljömålsarbete och vattenförvaltning kan på sikt också komma att bli en kompletterande kunskapskälla för dricksvattenproducenterna då det gäller att bedöma klimatrelaterade risker.

Mikroorganismer utgör en viktig riskfaktor i dricksvattenförsörjningen och erbjuder ofta också betydande svårigheter att detekteras och övervakas. Kartläggning av patogener i råvatten och distributionssystem sammanhänger ofta med höga kostnader, låg känslighet och kvantifieringsproblem. Vattenburna patogener kan ha låg och ojämnt fördelad förekomst, samtidigt som flera analysmetoder är tidskrävande och kräver specialistkunnande. Den mikrobiella provtagningen bygger på stickprov, vilket innebär att föroreningar kan missas. Analysmetoderna kan också sakna den känslighet som behövs för att detektera förekomst.

En genväg är analys av indikatororganismer, vilket kan vara mer kostnadseffektivt och kringgår en rad problem förknippade med direkta patogenanalyser. Nackdelarna är främst bristen på säkerhet då analyssvaren tolkas, man kan dock påvisa förhöjd risk för förekomst av patogener. Indikatororganismer kan vara mer klor-känsliga eller ha lägre överlevnad vid vissa temperaturer än de patogena mikroorganismer man vill indikera, vilket också innebär osäkerhet då riskerna ska bedömas.

¹¹⁹ Se t.ex. Livsmedelsverket (2014), PFAA i råvatten och dricksvatten – Resultat av en kartläggning, september 2014, samt Åkesson, M. et al. (2015), On the scope and management of pesticide pollution of Swedish groundwater resources: The Scanian example, *AMBIO*, 44(3)226–238.

Förekomst av barriärer – uppföljning

Klimat- och sårbarhetsutredningen speglade förekomsten av olika typer av barriärer i vattenverken genom en enkät till producenterna. En fjärdedel av de svarande grundvattenverken uppgav sig regelbundet använda UV-ljus, ungefär lika många klordesinfektion. En dryg tredjedel av grundvattenverken sade sig normalt helt avstå från desinfektion.¹²⁰

Förhållandena har därefter förändrats och en ökande andel vattenproducenter har utvecklat och kompletterat sina barriärer. Producenterna kan med stöd av olika metoder också värdera verkan av de barriärer man använder sig av i dricksvattenberedningen.¹²¹ Stödet omfattar även hur råvattentäkter kan utvärderas med avseende på mikroorganismer.¹²²

Livsmedelsverket rekommenderar i sin vägledning till dricksvattenföreskrifterna ett minsta antal barriärer beroende på råvattnets kvalitet. Svenskt Vatten har i enkätstudier 2010 och 2014 låtit spegla aktuella förhållanden hos vattenproducenterna. Antalet vattenverk med barriärer som understeg dessa rekommendationer minskade över perioden, men åtskilliga verk med en produktion över 400 m³ per dygn låg i underkant eller saknade barriärer. Grundvattenverk har ett mindre behov av mikrobiella barriärer, men Livsmedelsverket rekommenderar ändå sådana större vattenverk att ha minst en barriär. 2010 saknade 91 grundvattenverk, motsvarande drygt en miljon konsumenter, helt barriär. Därefter har förbättringar skett. Enligt 2014 års enkät saknade 57 grundvattenverk helt barriär, vilket motsvarade knappt 400 000 konsumenter. Ett dussintal grundvattenverk, som tillsammans försåg drygt 195 000 personer med vatten, planerade att införa UV-steg under de närmaste åren.¹²³

¹²⁰ SOU 2007:60, Bilaga 13, s. 37.

¹²¹ God Desinfektions Praxis respektive Mikrobiologisk Risk Analys.

¹²² Livsmedelsverket (2012). Mikrobiologiska dricksvattenrisker ur ett kretsloppsperspektiv – behov och åtgärder. Rapport nr 6–2012.

¹²³ Svenskt Vatten och Ramböll (2014). Mikrobiologiska barriärer – Lägesrapport efter uppdatering av databas 2014.

5 Forskning och utveckling kring klimat och dricksvatten

Dricksvattenproduktion är en kvalificerad verksamhet som vilar på kunskapsförsörjning inom en rad skilda områden. Behovet av forskning och utveckling spänner över vitt skilda fält som rör skyddet av vattenförekomster, råvattnets biologiska och kemiska förutsättningar, beredning och distribution av dricksvatten etc. I följande avsnitt ges en kort översikt kring sådana aktuella och pågående FoU-aktiviteter som ansluter till frågeställningar som rör klimatförändringarnas effekter på dricksvattenförsörjningen. Avslutningsvis beskrivs fortsatta behov av forskning och utveckling som kommit till uttryck hos forskare, dricksvattenproducenter och andra centrala aktörer.

5.1 Aktörer

Dricksvattenforskningen saknar en tydlig hemvist då det gäller beställare, finansierare och utförare. En del av förklaringen är att dricksvattenområdet är ett komplext område med många inblandade aktörer. Det gäller också för andra samhällskritiska områden, där mer nyttoinriktade och sektorsspecifika FoU-insatser behövs samtidigt som metodutveckling och rent grundvetenskapliga satsningar kan få betydelse på längre sikt. En rad aktörer kan dock sägas vara dominerande inom för dricksvattnet centrala områden.

En rad statliga och andra finansierare inom det tekniska och naturvetenskapliga området förekommer tillsammans med andra typer av aktörer eftersom det även kan handla om samhällsvetenskapligt eller tvärvetenskapligt inriktade frågeställningar. Branschintressen, som Svenskt Vatten, Sveriges Kommuner och Landsting, VVS-företagen och anknyttande företag, utgör viktiga kuggar då det gäller att formulera frågeställningar, i vissa fall också genom att medverka i finansieringen. I Skåne har arbetet med att främja kunskapsutvecklingen inom dricksvattenproduktionen lett till bildande av bolaget Sweden Water Research, SWR, som ägs gemensamt av dricksvattenproducenten Sydsvatten och va-bolagen Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp AB, NSVA, och VA SYD. Forskningsråd som Formas och statliga myndigheter, t.ex. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, förfogar över anslag som kan disponeras för finansiering av dricksvattenanknutna frågeställningar. Expertmyndigheter och forskningsinstitut med statlig och annan grund kan bidra med egna insatser, t.ex. Livsmedelsverket, Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI, Folkhälsomyndigheten, Statens veterinärmedicinska anstalt, SVA, Sveriges geologiska undersökning, SGU, Statens geotekniska institut, SGI,

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Swerea KIMAB och IVL Svenska Miljöinstitutet.

Åtskilliga universitets- och högskoleinstitutioner är FoU-aktiva inom dricksvattenområdet, i vissa fall genom arbete i mer omfattande program och kluster. Hit hör främst Chalmers tekniska högskola i Göteborg (DRICKS), men även på avloppssidan finns va-kluster vid de tekniska högskolorna i Luleå, Lund och Stockholm (KTH). Även Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, och andra universitet och högskolor är aktiva. Åtskilliga dricksvattenproducenter och andra organisationer medverkar, direkt eller genom sina branschorgan.

Livsmedelsverket har i egenskap av samordnande myndighet för dricksvattenfrågor inrättat ett nationellt nätverk för berörda myndigheter och andra aktörer. En särskild arbetsgrupp har inrättats för FoU-frågor.

5.2 Aktuella satsningar

Svenskt Vatten Utveckling, SVU, och Formas genomförde för perioden 2010–2012 en gemensam utlysning inriktad på för va-branschen angelägna områden med tydlig koppling till effekter av förändrat klimat samt branschens egen klimatpåverkan. FoU-medel ställdes till förfogande inom för dricksvattnet prioriterade områden, som effektstudier av klimatförändringar i relation till teknik för rening och skydd av vattenresurser, projekt kring energieffektivitet och andra åtgärder för att minska effekterna av klimatförändringar i vattenverk. Forskningsrådet Formas finansierar även i övrigt vissa projekt med anknytning till dricksvattenfrågor, t.ex. med inriktning på den ökande humusproblematiken i landets vattenförekomster och ett större projekt om dricksvattenberedning. En rad ytterligare vattenanknutna utlysningar med olika teman i samverkan med SVU har gjorts, t.ex. avseende diffusa källor, marina föroreningar och säkra livsmedel.

SVU utgör kommunernas eget FoU-program kring kommunal va-teknik. Verksamheten ska till övervägande del riktas mot tillämpad FoU av intresse för medlemmarna i Svenskt Vatten. SVU avsätter medel till större programsatsningar, bland annat forskningsprogrammet DRICKS vid Chalmers. Inom programmet ingår även forskare från Lunds universitet, SGU och SLU samt medlemmar i form av va-organisationer i olika delar av landet. Medverkande organisationer deltar aktivt i arbetet och tre adjungerade professorer har knutits till verksamheten.

Forskningen vid DRICKS är riskbaserad och behandlar hela försörjningskedjan från råvattentäkt till tappkran. Riskanalys och riskhantering är centrala inslag i programmet, där bland annat skyddet av råvattentäkter, mikrobiologisk barriärverkan i vattenverken, förnyelsetakt i ledningssystemet och konsumentförtroende behandlas. Riskbedömning, åtgärdsalternativ och utveckling av användbara beslutsstöd, metoder och verktyg är en viktig del av arbetet. Sedan 2015 ingår Lunds universitet och SLU i programmet och studerar specifikt klimatteffekter på mikrobiologi och organiskt kol i dricksvattenproduktionen.

SVU avsätter även projektmedel inom prioriterade områden. Tillsammans med Formas genomfördes 2013 en utlysning, där SVU finansierade projekt kring riskbaserat beslutsstöd avseende mikroorganismer. Formas avsatte bland annat medel för utveckling av metodik för detektion av hälsofarliga ämnen i dricksvattnet. Under 2014 prioriterade SVU på dricksvattensidan klimatrelaterade projekt kring

reningsteknik och skydd av vattentäkter, processer och material i vattenledningssystem (mikrobiologi, biofilm och korrosion), riskanalyser och riskbaserade beslutsstöd, mikrobiella barriärer och åtgärder för minskad risk för mikrobiell påverkan samt forskning om kemiska risker.

Inom Sweden Water Research bedrivs arbete i anslutning till företag och forskningsinstitutioner, en särskild koppling finns här mellan Sydsvatten och Lunds universitet med en adjungerad professur i teknisk vattenresurslära och en forskargrupp inom området teknisk mikrobiologi. Inriktningen avser bland annat skyddet av råvattentäkter, mikrobiologi och biofilmer i vattenverk och dricksvattenledningar samt utveckling av metoder för övervakning av mikrobiologisk vattenkvalitet. Vidare pågår projekt kring filtreringsteknik med membran som kan avskilja virus och andra smittämnen från råvatten.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, avsätter inom ramen för sitt anslag 2:4 krisberedskap betydande projektmedel till kunskaphöjande satsningar. Livsmedelsverket erhöll under perioden 2013–2015 sådana resurser för att i samarbete med bland andra Statens veterinärmedicinska anstalt, dåvarande Smittskyddsinstitutet, SMI, FOI, Chalmers och Uppsala universitet driva forskningsprojekt om säker dricksvattenförsörjning.

Exempel på de satsningar som görs vid Livsmedelsverket är en riskklassning av svenska ytvatten genom kartläggning av klimat och miljöberoende variationer i ytråvattenkvalitet. Underlag tas fram avseende råvattendata, klimatdata, analyser av indikatorer och patogener. Vidare utvecklas en verktygslåda för fekal källspårning för att bättre kunna härleda föroreningar till en viss typ av utsläppskälla. Hälsoeffekter av planerade och oförutsedda händelser i produktion och distribution av dricksvatten studeras i ett särskilt projekt.

Livsmedelsverket inventerade under 2011–2012 aktuell kunskap och pågående forskning i Sverige och grannländerna om klimatrelaterade kemiska och mikrobiologiska risker. Översikten används som underlag för vad som bör analyseras i råvattentäkter och i anslutning till olika beredningssteg vid dricksvattenproduktionen. En delaspekt på detta, med inriktning på virus, studerades i ett separat EU-projekt 2010–2013, kallat VISK med syfte att minska samhällets sårbarhet för vattenburen virussmitta trots förändrat klimat genom att utveckla en kunskapsbank. Arbetet leddes från dåvarande Kretsloppskontoret i Göteborgs Stad under medverkan av myndigheter, forskningsinstitutioner och vattenproducenter i Sverige, Danmark och Norge. Delfinansiering skedde via EU. En riskklassning av svenska ytråvatten pågår också under perioden 2013–2015, främst genom samverkan mellan Livsmedelsverket, SMI och SVA.

Universitetsanknutna projekt med klimatrelevans bedrivs vid Lunds och Uppsala universitet kring membranteknik, mikrobiologi och kolreduktion i råvatten. Långsiktiga materiaeffekter i kontakt med dricksvatten berör flera aktörer, som Swerea KIMAB, Acreo och andra forskningsinstitut med statlig grundfinansiering. Inom materialområdet pågår även nordiska satsningar, liksom då det gäller klimatrelaterade reningsfrågor, bland annat genom samverkan mellan svenska institutioner och Sintef i Norge.

Inom det hydrogeologiska området förvaltar SGU en rad för dricksvattenförsörjningen viktiga databaser och genomför kartläggningar och fördjupade studier som stöd för planering av övervakning, åtgärder och förvaltning. I egenskap av

expertmyndighet spelar SGU en viktig roll i kunskapsutvecklingen kring skyddet av grundvattenförekomster och utformningen av vattenskyddsområden.

Inom det geotekniska och hydrologiska området bedrivs vidare omfattande kunskapsutveckling vid SGI. FoU-arbetet kan främst hänföras till frågor kring klimateffekter på grundvattennivåer (även SGU) och porvattentryck, konsekvenser av spridning av föroreningar, erosion, skred och ekonomiska konsekvenser av skred och ras till följd av förändrat klimat. SGI utvecklar också stödsystem som karteringsmetoder och kartunderlag. Frågorna anknyter till det arbete som sker vid SGU då det gäller klimatrelaterade grundvattennivåer och metoder för grundvattenövervakning.

Även inom det klimatologiska området pågår en rad relevanta satsningar. Rossby Centre på SMHI är med och leder arbetet med att utveckla en ny Europeisk global modell, EC-Earth. Den modellen kommer med start 2016 att användas i nästa stora internationella samarbetsprojekt där globala klimatmodeller jämförs med varandra. Rossby Centre arbetar också med att ta fram nya regionala högupplösta klimatscenarier som kan användas i effektstudier och klimatanpassningsarbete. Detta har bland annat gjorts inom ramen för det världsomspännande CORDEX-samarbetet där SMHI sedan år 2015 står som värd för ett internationellt projektkontor. Arbetet bedrivs också med utveckling av nästa generations högupplösta regionala klimatmodell som på ett bättre sätt kommer att kunna användas för att studera småskaliga fenomen, t.ex. kraftiga regnskurar. En viktig del av verksamheten på centret handlar om att utvärdera modellerna mot olika typer av observationer för att kunna identifiera förbättringsbehov och kvantifiera osäkerheter. Utveckling sker även av prognoser för hur klimatet kan ändras under de närmaste åren, s.k. flerårsprediktion. Inom det området arbetar Rossby Centre med att få en bättre beskrivning av initialtillståndet och därmed undersöka om det går att göra prognoser på lite längre tidsskalor.¹²⁴

På SMHI pågår vidare ett forskningsprojekt som ska förbättra kunskaperna avseende extrem korttidsnederbörd. Nationellt heltäckande historiska nederbördsdata med hög upplösning i både tid och rum tas fram, något som inte finns i dag. Databasen kommer att öka kunskaperna om intensiv lokal nederbörd, göra det möjligt att rekonstruera händelser kopplade till detta (t.ex. fall av förorenings-spridning) samt underlätta utvärdering av hur intensiv nederbörd omhändertas i olika klimatmodeller, vilket kan öka förståelsen av de osäkerheter som finns i framtida scenarier.

Effekten av bränder på ytvattenförekomster som används för råvattenuttag studeras av SLU i samarbete med Länsstyrelsen i Västmanland som en följd av de omfattande skogsbränderna sommaren 2014. Finansiering sker genom Havs- och vattenmyndigheten 2015–2017. Därutöver bedriver SGU kunskapshöjande miljöövervakning av grundvattnet i brandområdet i Västmanland sedan 2014 för att öka kunskaperna om hur bränder påverkar grundvattnet i kvalitativt och kvantitativt hänseende. Tidigare studier vid SP har inriktats mot effekter av brandgaser och släckvatten med stöd från Brandforsk. Aktuella studier bedrivs också avseende kemiska hälsorisker och förekomst av brandsläckningsmedel i råvattenförekomster. SVU har här finansierat kartläggningar med hjälp av Sweco och en rad anknyttande forskningsinsatser pågår.

¹²⁴ SMHI (2015). <http://www.smhi.se/forskning/forskningsomraden/klimatforskning>, 2015-05-18.

På den mer övergripande nivån kring klimatutveckling och olika typer av samhällseffekter förekommer en rad satsningar, bland annat inom ramen för det europeiska forskningsområdet JPI Climate.¹²⁵ Här finns möjligheter för medlemsstaterna att samordna sina nationella forskningsagendor. Inom det särskilda forskningsområdet JPI Water samlas forskning och innovation kopplad till dricksvatten och klimat. Teman som tagits upp är tekniska lösningar och tjänster för vattenrening, återanvändning och avsättning samt förvaltning av vattenresurser. Resurser har också avsatts för insatser riktade mot att mildra effekterna av extrema händelser, som översvämningar och torka.¹²⁶

EU-programmet Copernicus avser övervakning för miljö, klimat och säkerhet med hjälp av satelliter och andra observationssystem samt modeller. Till programmet finns en svensk myndighetsgrupp kopplad för att samordna de svenska användarkraven. Klimatanpassning och dricksvatten ingår som viktiga delfrågor. En katastrofberedskapstjänst har kopplats till programmet och kan aktiveras av nationella myndigheter, i Sverige av MSB. Så skedde bland annat vid översvämningarna i Småland 2012. Copernicus övervakningsdata är fritt tillgängliga.¹²⁷

Programmet Horisont 2020 har fokus på innovation och samhällsutmaningar inom EU. Många av aktiviteterna inom programmet syftar till att överbrygga klyftan mellan forskning och marknad. Dricksvattenanknytning finns genom branschens arbete med en svensk forsknings- och innovationsagenda för vattensektorn, Vattenvisionen.¹²⁸ Denna branschsamverkan påverkar inriktningen och utgör ett stöd vid ansökningar inom ramen för Horisont 2020. Programmet förvaltas i Sverige av Vinnova, som även i andra avseenden arbetar med finansiering av innovationsfrågor som berör dricksvattenområdet.

5.3 Fortsatta behov

Behoven av fortsatta dricksvattenrelaterade FoU-insatser är omfattande och berör flera olika delområden. Nedanstående korta exempelsamling speglar variationsvidden i de önskemål som framförts från olika aktörer under senare år och som i olika avseenden relaterar till klimatförändringarna.

Kunskapsunderlaget för det grundläggande skyddet av vattenförekomster och råvattentäkter blir allt bättre, men skäl finns för att utveckla än mer specifika planeringsunderlag som stöd för fysisk planering och vattenskyddsarbete. Exempel på detta är tankarna om en eventuell utveckling av en rikstäckande sårbarhetskarta för vattentäkter med hänsyn till klimatbetingade risker. Ett sådant planeringsverktyg skulle kunna integrera information från befintliga kartunderlag kring grundvattenförekomster, jordarter, markanvändning, översvänningsrisker och de inventeringar av förorenade områden som genomförts av länsstyrelserna.¹²⁹ Noggrann identifiering och bedömning av lokala förhållanden och risker är alltid avgörande vid slutlig utformning av ett adekvat skydd.

¹²⁵ <http://www.jpi-climate.eu/home>.

¹²⁶ <http://www.waterjpi.eu>.

¹²⁷ <http://www.copernicus.eu>.

¹²⁸ Svenskt Vatten (2013). Vattenvisionen: Forskning- och Innovationsagenda för Vattensektorn.

¹²⁹ Idén har framförts från SGI, men inte diskuterats närmare i utredningens referensgrupp.

Klimat- och sårbarhetsutredningen betonade behovet av att i forsknings- och utvecklingssammanhang mer samlat se på hela systemet för dricksvattenförsörjning. Klimatförändringarna innebär hot mot hela systemet och ett systemtänkande skulle underlätta en bedömning av olika risker i sitt sammanhang och därmed underlätta prioriteringsarbetet för åtgärder, även om principen om åtgärder vid föroreningskällan borde tillämpas så långt det var möjligt. Metoder och underlag för att bedöma lokala risker kan därför visa sig användbart.¹³⁰

Även Svenskt Vatten Utveckling, SVU, redovisade 2014 prioriterade områden för fortsatta FoU-satsningar som rörde behovet av fördjupade riskanalyser i ett systemperspektiv. Riskbedömningar behöver göras för råvattentäkter och rätt indata säkras för analyserna. Åtgärder för effektiv klimatanpassning av beredning i relation till förändringar av råvattnet behöver studeras, t.ex. avseende förändrad sammansättning av humusämnen, effekter av desinfektionsbiprodukter och mikrobiologi. Strategier behöver utvecklas för övervakning av mikrobiologiska säkerhetsbarriärer, liksom ökad kunskap om reduktion av sjukdomsframkallande mikroorganismer under olika driftförhållanden och beredningssteg.

Biologisk vattenrening är ytterligare ett viktigt område, där temperaturökningar och förändringar avseende organiskt kol i råvattnet kan påverka mikrobiologin i vattenverk och ledningssystem. Kunskapsutveckling och effektiva styrmedel behövs för att säkra vattenkvaliteten. Metodutveckling behövs även för att snabbt eller kontinuerligt provta råvattnet för mikroorganismer och kemiska föroreningar. Mikrobiell påverkan från bräddningar och utsläpp av avloppsvatten behöver följas upp. SVU pekar också på behovet av mer kunskap inom området rengöring av ledningsnät och material i kontakt med dricksvatten. Här nämns specifikt effekterna av kloramin i långa nät och ökad kunskap om biofilmens positiva och negativa effekter i ledningsnäten. Okunskapen är fortfarande stor då det gäller samspelet mellan den funktionella biofilmen och olika typer av patogener och produktförstörande mikroorganismer.¹³¹ Studier av hur ledningsnätets ekologi påverkar dricksvattenkvaliteten är också en fråga som aktualiseras av klimatförändringarna.

En rad fortsatta behov sammanhänger med utveckling av tekniker för beredningen av råvatten, liksom analysmetoder för att detektera mikroorganismer och kemiska föreningar. Snabba metoder, sensorer behövs för att, helst online, kunna detektera förekomst och typ av förorening tidigare än med nuvarande metoder och därmed minska risken för sjukdomsutbrott.¹³² Klimateffekterna på vattnets kemi, främst i samband med s.k. konstgjort grundvatten, efterfrågas. Ytterligare kunskapsbehov gäller klimateffekter på halt och art av humusämnen i yt- och grundvattentäkter, speciellt vid konstgjord infiltration. Även utbytet mellan yt- och grundvatten behöver studeras vidare. Anknutna frågor gäller utveckling av effektivare reningsteknik för att reducera halten av humusämnen och ge ökad verkningsgrad i vattenverkens kemiska och mikrobiologiska barriärer. Robustare reningstekniker behöver också utvecklas än i dag för att hantera ökad variation i råvattenkvalitet.

Kunskaperna behöver vidare öka då det gäller hälsoeffekter av dricksvattenkonsumtion kopplat till olika typer av miljögifter och patogener från utsläpp via av-

¹³⁰ SOU 2007:60, Bilaga B 13, s. 92 ff.

¹³¹ Svenskt Vatten Utveckling (2014). Prioriterade områden.

¹³² FOI (2014). Mikrobiologiska risker för dricksvatten: Framtida klimatpåverkan och säkerhet. Rapport FOI-R3831-SE.

lopp, dagvatten, industrimark och deponier och koppling till klimatvariabler, t.ex. översvämningar, skyfall och ökade flöden.

Reduktion av virus är dimensionerande för olika former av klorering liksom de förstärkningar av mikrobiologiska barriärer som görs eller övervägs på svenska vattenverk, främst UV-strålning respektive olika typer av membran. Metodologiska utvecklingsbehov gäller här reduktionsförmåga hos UV och ultrafilter men även metoder för att kunna påvisa genetiskt material från virus i råvatten.

En förbättrad överblick behövs vidare avseende rapporterade sjukdomsfall med koppling till dricksvatten, det kan utgöra en väg till snabbare indikation av vattenburna utbrott. Viss utveckling har redan skett genom den s.k. *Symptomstatistik 1177 Vårdguiden*. Sambandsstudier behöver här göras mellan typer av störningar och dricksvattenburen smitta samt hur förväntade klimatförändringar kan komma att påverka detta. Kartläggning av förekomst och frekvens av olika typer av störningar hos landets dricksvattenproducenter bör studeras i förhållande till hur störningarna ger hälsoeffekter. Svenskt Vattens va-statistiksystem, VASS, samlar information om ett begränsat antal störningar på kommunal nivå. Det gäller klagomål och anmärkningar på lukt, smak, missfärgning och mikrobiologisk kvalitet samt reparerade rörbrott/vattenläckor på huvudledningsnät och serviser. Dricksvattenburna utbrott samlas in av Livsmedelsverket sedan 1993 från kommunerna, dvs. ansvariga kontrollmyndigheter. Former för händelserapportering, dokumentation, information och kostnadsuppskattning kring inträffade sjukdomsutbrott och andra kriser kan behöva utvecklas för att täcka in de större riskområden som finns inom dricksvattenförsörjningen.

Samhällsvetenskapligt inriktade insatser är också angelägna. Som grund för åtgärdsarbetet på kommunal och mer övergripande nivå efterfrågas studier kring åtgärdskostnader och samhällsekonomiska nyttoeffekter, däribland utveckling av värderingsprinciper som rör dricksvattnet.¹³³ Skyddet av vattentäkter och strategiska vattenförekomster kan i ett långsiktigt perspektiv visa sig samhällsekonomiskt avgörande. Även underlag som belyser samhällskostnader till följd av bristande skyddsåtgärder kan här vara av intresse. Riskbedömningar kombinerade med kostnads-nyttoanalyser kan också få ökad betydelse som stöd för olika och alternativa typer av åtgärdsarbete. För att belysa eventuella konkurrerande intressen kan de tjänster och nyttor vattnet genererar belysas.

Klimat- och sårbarhetsutredningen lyfte behovet av ytterligare kunskaper för att finna vägar för att återskapa förtroende hos va-kollektiv efter sjukdomsutbrott och andra händelser med bristande leverans kvalitet. Den ökade konkurrensen kring vattnet kan också innebära efterfrågan på modeller för samråd och konfliktlösning.

Grunden för en klimatanpassning med god framförhållning innebär också att utvecklade klimatologiska underlagsdata får stort värde. Det gäller fortsatta behov av lokalt och regionalt anpassade klimatscenarier och därtill kopplade hydrologiska modeller för att belysa utvecklingen av landets vattenförekomster.¹³⁴ Under 2015 kommer SMHI ta fram klimatanalyser för Sveriges län. Analyserna bygger på de senaste klimatscenarierna, som också är underlaget till klimatanalyserna i detta

¹³³ Se bland annat SVU-Rapporterna 2014–13, Beslutsstöd inför stora investeringar inom VA, Hållbarhetsanalyser och samhällsekonomiska bedömningar, samt 2014–14, Samhällsekonomisk värdering av rent vatten, Fallstudier av Vombsjön och Mälaren.

¹³⁴ EEA (2007). Climate change and water adaptation issues.

delbetänkande. Studier kring klimateffekter på yt- och grundvattentemperaturer utgör ett mer avgränsat men också det eftersatt område, liksom hur extremtemperaturer påverkar sjöar och vattendrag på kortare och längre sikt.

Inom det samlade EU-arbetet finns resurser och prioriteringar diskuterade för att öka kunskapsunderlaget då det gäller klimat och dricksvatten.¹³⁵ Dricksvatten utgör en viktig del i det ramverk för klimattjänster som behandlats inom Copernicusprogrammet. Inom JPI Climate diskuteras behovet av kortare klimatprognoser, s.k. "decadal predictions". Därtill behövs klimatprojektioner för längre tidshorisoner än detta sekel. Ytterligare behov som aktualiserats gäller tvärvetenskapliga satsningar där klimatprediktioner kopplas till socioekonomiska behovsanalyser, samhälls- och miljöpolitiska förvaltningsåtgärder. Ett mer avgränsat område gäller riskhantering och beslutsfattande vid stora osäkerheter. Lämpliga tillämpningsområden som rör dricksvatten finns bland annat då det gäller osäkerheter kring framtida utsläppsminskningar och havsnivåhöjningar i relation till de långsiktiga anpassningsåtgärder som behöver vidtas.

Rent allmänt betonas från flera håll också vikten av att även lägga fokus på att kommunicera de erfarenheter och resultat som forskningen genererar. Betydande intresse finns att ta till sig nya rön i dricksvattenförsörjningen, inte minst i den praktiska hanteringen hos huvudmännen. Ska FoU-resultaten komma vattenproducenter och övriga aktörer inom branschen till godo behövs en väl fungerande kunskapsöverföring genom fortbildning och andra insatser. Medverkan förutsätts från såväl forskarna själva som myndigheter, branschorgan och andra organisationer. Dricksvattenutredningen återkommer för sin del i slutbetänkandet 2016 till en närmare diskussion av kunskapsutvecklingen inom dricksvattenområdet.

¹³⁵ Water IPI (2014). Mapping Water RDI in Europe, WaEUr D2.2 (Second year mapping report).

BILAGA 1

Kommittédirektiv 2013:75

Kommittédirektiv 2013:75

En trygg dricksvattenförsörjning

Beslut vid regeringssammanträde den 18 juli 2013.

Sammanfattning

En särskild utredare ska gå igenom dricksvattenområdet, från råvatten till tappkran för allmänt dricksvatten. Syftet med utredningen är att identifiera nuvarande och potentiella utmaningar för en säker dricksvattenförsörjning i landet, på kort och på lång sikt, och i förekommande fall föreslå lämpliga åtgärder. Utgångspunkten ska vara klimatförändringarnas förväntade effekter på dricksvattenförsörjningen och hur risker med bland annat kemiska ämnen och skydd för dricksvattenförsörjningen och råvattentäkter på ett riskbaserat och systematiskt sätt ska kunna hanteras. Utredaren ska lämna en uppdaterad beskrivning av hur klimatförändringarna kan komma att påverka olika delar av landet och analysera det förebyggande arbete som bedrivs till exempel i form av anpassningar till kommande klimatförändringar, organisationen och styrningen av de verksamheter som gemensamt bidrar till en trygg dricksvattenförsörjning, beredskapen och förmågan att hantera kriser och formerna för detta. I syfte att skapa förutsättningar för en trygg och säker dricksvattenförsörjning ska utredaren föreslå kostnadseffektiva åtgärder för att lösa identifierade brister och beskriva hur arbetet för att genomföra dessa bör organiseras.

Ett delbetänkande om den del av uppdraget som rör vattentäkternas skydd och den del som rör hur ansvaret för material i kontakt med dricksvatten ska fördelas ska redovisas senast den 1 juli 2014. Uppdraget ska slutredovisas senast den 30 juni 2015.

Dricksvatten är vårt viktigaste livsmedel

I Sverige är det en självklarhet för människor att alltid ha tillgång till säkert dricksvatten direkt ur kranen. Dricksvattenförsörjningen består av en kedja av funktioner från tillrinningsområde, vattentäkter, vattenverk samt distributionssystem med ledningsnät, tryckstegringsstationer och vattenreservoarer. Annan infrastruktur som avloppsledningsnät och tillgång till elförsörjning är också viktiga för försörjningen av dricksvatten.

Dricksvattenförsörjningen är tillsammans med övrig livsmedelsförsörjning, infrastrukturen för elförsörjning, elektronisk kommunikation och betalningssystem,

grundläggande förutsättningar för samhällets funktionalitet. Ett bortfall eller en allvarlig störning i den allmänna dricksvattenförsörjningen kan ensamt eller tillsammans med motsvarande händelser i andra verksamheter leda till att en kris uppstår i samhället. Samtidigt är en fungerande allmän dricksvattenförsörjning i sig en förutsättning för att kunna hantera många andra kriser. Mot bakgrund härav är beredskapen att motstå och hantera allvarliga störningar inom dricksvattenförsörjningen en betydelsefull del av samhällets planeringsarbete i fråga om olyckor och kriser. Regeringen har i budgetpropositionen för 2012 angett att de förslag till resultatmål som tagits fram för krisberedskapen för dricksvattenförsörjningen utgör en god grund för det fortsatta arbetet med planering och åtgärder som minskar risken för störningar i samhällsviktig verksamhet (prop. 2011/12:1).

De hot och risker som den allmänna dricksvattenförsörjningen i samhället utsätts för förändras över tiden och förmågan att motstå och hantera störningar behöver därför kontinuerligt ses över och utvecklas. De sårbarheter som finns i systemet kan inte helt förebyggas eller byggas bort. Det bör därför finnas en god reparations- och krishanteringsförmåga.

I Sverige är tillgången på råvatten generellt sett god. Kvaliteten på vattnet är beroende av det allmänna miljötillståndet, markanvändningen och de åtgärder som vidtas för att säkerställa en god vattenmiljö. Vattenförsörjning är en ekosystemtjänst med ett mycket högt värde. Regeringen gav i januari 2012 i uppdrag åt Naturvårdsverket att i samråd med Havs- och vattenmyndigheten sammanställa information om viktiga ekosystemtjänster i Sverige och identifiera faktorer som påverkar deras vidmakthållande (dnr M2012/176/Nm). Uppdraget slutredovisades den 1 november 2012 (dnr M2012/1507/Nm).

Författningar på dricksvattenområdet

För att skapa förutsättningar för ett säkert dricksvatten regleras området ur såväl miljö- som livsmedelsperspektiv. Utgångspunkten är i huvudsak gemenskapslagstiftning inom EU. Rådets direktiv 98/83/EG av den 3 november 1998 om kvaliteten på dricksvatten (*dricksvattendirektivet*), anger de särskilda krav som ska vara uppfyllda för vatten avsett att användas som dricksvatten. Direktivet syftar till att skydda människors hälsa från skadliga effekter av föroreningar i dricksvattnet samt att säkerställa att vattnet är hälsosamt och rent. Dricksvattendirektivet omfattar enbart vatten som är avsett för konsumtion och direktivets krav avser kvaliteten på dricksvattnet vid konsumentens tappkran, det vill säga inte råvattenkvaliteten i vattenförekomsten eller i vattenverket. Dricksvattendirektivet har genomförts i Sverige genom framför allt Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (SLVFS 2001:30). Föreskrifterna gäller hanteringen av och kvaliteten på dricksvatten, med undantag för dricksvatten från vattenverk som i genomsnitt tillhandahåller mindre än 10 m³ dricksvatten per dygn, eller som försörjer färre än 50 personer, såvida inte vattnet tillhandahålls eller används som en del av en kommersiell eller offentlig verksamhet.

Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område (*ramdirektivet för vatten*), fastslår en ram för gemenskapens vattenpolitiska samarbete. Direktivet syftar till att etablera en ram för enhetliga regler på EU-nivå för skydd av gemenskapens vatten; sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten.

Ramdirektivet för vatten har även ett dotterdirektiv avseende grundvatten (2006/118/EG), för skydd mot föroreningar och försämring. Ramdirektivet för vatten fastslår att länderna i sin vattenförvaltning ska arbeta på ett sätt som utgår från avrinningsområden och inte från av människan införda administrativa gränser. En annan gemensam princip, är det systematiska planeringsarbete som ska ske under 6-åriga förvaltningscykler. Direktivet har genomförts i svensk lagstiftning genom främst 5 kap. miljöbalken, förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön, förordningen (2007:825) med länsstyrelseinstruktion och ett flertal myndighetsföreskrifter. Fem länsstyrelser är vattenmyndigheter och vid dessa finns en vattendelegation vars ledamöter utses av regeringen. Vattendelegationerna beslutar om förvaltningsplaner, åtgärdsprogram och miljökvalitetsnormer i respektive vattendistrikt. I ramdirektivet för vatten slås fast att medlemsländerna ska identifiera och övervaka sådana vattenförekomster som används för dricksvattenuttag eller kan komma att användas för framtida dricksvattenuttag. Medlemsstaterna ska se till att dessa vattenförekomster uppfyller de miljökvalitetsnormer som följer av ramdirektivet och att vattnet efter att det renats enligt det vattenreningssystem som används, uppfyller de kvalitetsparametrar som anges i dricksvattendirektivet, och att råvattnets kvalitet inte försämras. Det finns således kopplingar mellan ramdirektivet för vatten och dricksvattendirektivet.

Miljöbalken är den övergripande lag som styr miljöarbetet i Sverige. Riksdagen har vidare beslutat att Sverige till nästa generation ska ha löst de stora miljöproblemen. De 16 nationella miljökvalitetsmålen beskriver hur miljön då ska se ut. Flera miljökvalitetsmål är relevanta för att säkerställa en trygg dricksvattenförsörjning; Grundvatten av god kvalitet, God bebyggd miljö, Levande sjöar och vattendrag, Ingen övergödning och Giftfri miljö. Enligt miljökvalitetsmålet *Grundvatten av god kvalitet* ska grundvattnet ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning. De nya preciseringar som regeringen beslutade om 2012 visar att med målet avses bland annat att kvaliteten på grundvattnet inte ska begränsa användningen av grundvatten för allmän eller enskild dricksvattenförsörjning, att grundvattennivåerna inte ska ge upphov till negativa konsekvenser för vattenförsörjning samt att naturgrusavlagringar är av stor betydelse för vår dricksvattenförsörjning.

En av preciseringarna i miljökvalitetsmålet *Levande sjöar och vattendrag* tydliggör att målet bland annat omfattar att ytvattentäkter som används för dricksvattenproduktion ska ha god kvalitet. Dricksvattenförsörjningen utgörs till hälften av ytvatten och till hälften av grundvatten, varav cirka 50 procent av grundvattentakterna förstärks med ytvatten.

Det finns också föreskrifter och allmänna råd för hur en fastighets vatten- och avloppsinstallation (VA) ska utföras i Boverkets byggregler.

Uppdraget om en trygg dricksvattenförsörjning

En fortsatt god allmän dricksvattenförsörjning är en förutsättning för att vi ska kunna leva och för att det moderna samhället ska fungera. Även om Sverige i framtiden troligen kommer att vara gynnat ur vattenförsörjningssynpunkt behöver vi kunna hantera de utmaningar som klimatförändringarna och andra förändringar innebär.

En utredning behövs för att på nationell nivå se över hur den allmänna dricksvattenförsörjningen har anpassats i förhållande till klimatförändringarna och hur

förutsättningarna är för att bibehålla en trygg dricksvattenförsörjning med avseende på en rad olika aspekter från vattentäkt till tappkran, och vid behov föreslå kostnadseffektiva förbättringsåtgärder med utgångspunkt i den rådande ansvarsfördelningen.

Ett förändrat klimat skapar nya utmaningar

Jordens klimat förändras till följd av växthuseffekten. En konsekvens av klimatförändringarna är ökad global medeltemperatur, men förändringen påverkar också nederbörds mängder, avdunstning och avrinning. Klimat- och sårbarhetsutredningen (M 2005:03) redovisade vilka klimatförändringar som kan väntas i Sverige och hur naturmiljön och olika samhällsfunktioner kan komma att påverkas. I utredningens slutbetänkande Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter (SOU 2007:60) gjordes bedömningen att klimatförändringarna väntas ge förändrade temperaturer och mera nederbörd i större delen av landet, att antalet tillfällen med kraftig nederbörd ökar generellt men också att risken för torka kan öka i delar av södra Sverige. Senare framlagda forskningsresultat stöder i stort utredningens bedömningar.

När klimatet förändras, ändras förutsättningarna för vattenförsörjning. Hur mycket en lokal vattenförsörjning påverkas av klimatförändringar är beroende av många och samverkande faktorer. Ökade nederbörds mängder, efterföljande möjliga översvämningar, höjda grund- och ytvattennivåer och erosion, ras eller skred ökar risken för att föroreningar hamnar i vattentäkter och tillrinningsområden. Föroreningar kan komma från till exempel, förorenade markområden, trafikaneläggningar, översvämmade cisterner, avloppssystem, betesmark, deponier, industrier och industrimark, bensinstationer, förorenade sediment i sjöar och vattendrag, reningsverk, dagvatten, m.m. Varierande grundvattennivåer gör att kemiska förhållanden i marken påverkas avsevärt och de flesta markföroreningar kan bli betydligt mer mobila. Höjda grundvattennivåer ger en minskad omättad zon vilket innebär att förutsättningarna för markens renande effekt minskas.

Förändringarna kan leda till att råvattenkvaliteten försämras, och att risken att mikrobiologiska smittämnen förekommer i dricksvatten ökar såvida inte beredningsprocesserna i vattenverken anpassas. Vattnet kan också förorenas av miljögifter som kan ge mer eller mindre permanenta skador på en vattentäkt. Speciellt grundvattentäkter i akviferer med långsam omsättning och med fastläggning av föroreningar i marken kan skadas för mycket lång tid. För att kunna bibehålla en hög dricksvattenkvalitet trots försämrat råvatten kommer det sannolikt att krävas mer kunskap om metoder för både mikrobiologisk och kemisk beredning av dricksvatten. Vidare kan ledningsnäten skadas som en indirekt konsekvens av den förväntade ökade nederbörden.

Höjda havsnivåer ökar risken för inträngning av saltvatten i kustnära vattentäkter vilket försvårar användandet av dessa för produktion av dricksvatten. Risken att en framtida havsnivåhöjning blir större än vad forskningen tidigare kommit fram till har också understrukits av nyligen framlagda forskningsresultat. En större havsnivåhöjning skulle till exempel kunna få återverkningar på Sveriges största dricksvattentäkt, Mälaren. Vattenförsörjningen påverkas också av faktorer som befolkningstillväxt och urbanisering.

Klimat- och sårbarhetsutredningen bedömde i sitt slutbetänkande 2007 att den relativt enkla beredningen av dricksvatten som sker vid vattenverken, sannolikt inte kommer att räcka i framtiden och att de klordoser som används är i stort sett verkningslösa mot parasiter och har liten effekt på virus. Dessutom är många svenska ytvattenverk känsliga för mikrobiell kontaminering av täkterna, vilket i kombination med brister i övervakningssystem ökar risken för kontaminering och vattenburna sjukdomsutbrott. Högre temperaturer, längre tider med isfria sjöar och vattendrag samt ökad avrinning innebär också att många svenska vatten successivt kommer att få en ändrad kemi/biologi, bland annat i form av ökande humushalter och algbloomningar, vilket man redan i dag ser i många vattentäkter. I de fall det sker en ökning av humusämnen i vattnet, möjliggörs även en ökad partikelbunden spridning av föroreningar.

Sammantaget kan klimatförändringarna medföra att vattenkvaliteten försämras generellt vilket kommer att ställa ökade krav vid normal drift av dricksvattenproduktionen. Även risken för akuta störningar på grund av extremväder kan förväntas öka. Beredskapen att hantera katastrof- och Extremsituationer blir därför också viktig, och bör behandlas särskilt i utredningen.

För att skydda Sveriges vattenförsörjning från alltför stora negativa effekter av klimatförändringar, är skydd av vattentäkter och vattenförekomster som är avsedda för framtida bruk som vattentäkt mycket viktigt. Skyddet av vattentäkter behandlas därför särskilt i utredningen. Ytterligare skydd kan uppnås genom fysisk planering, utfärdande av föreskrifter samt genom tillsyns- och tillståndsförfarande. Skydd, åtgärder och rutiner bör i första hand inriktas på förebyggande åtgärder såsom att undvika att råvattenkvalitet och tillgång försämras under normala förhållanden och vid extremväderlek. Det gäller även anpassningsåtgärder för att hantera klimatförändringarna.

Klimat- och sårbarhetsutredningen rekommenderade ett antal anpassningsåtgärder längs hela kedjan för dricksvattenproduktion. Man pekade särskilt på att sårbarheter i de lokala förhållandena bör analyseras, att skyddet av vattentäkter och dricksvattenförekomster är ett viktigt inslag, att den mikrobiologiska säkerheten vid beredning av dricksvatten i vattenverken ökar, att åtgärder bör vidtas för att hantera de förväntade förändringarna i råvattenkvalitet, att åtgärder bör vidtas för att hantera den förväntade minskade vattentillgången regionalt, att distributionsnäten säkras, att beredskapen bör öka för att hantera störningar, och man rekommenderade också utbildnings- och informationsinsatser om klimatförändringarna.

Miljömålsenkäten från Boverket under åren 2006–2009 visade att endast hälften av Sveriges kommuner då hade en aktuell lokal plan eller ett program för dricksvattenförsörjningen. Majoriteten av planerna fokuserade på den aktuella situationen och hade inte tagit hänsyn till framtida demografiska förändringar eller klimatpåverkan.

Sedan dess har åtgärder för att förbättra möjligheten att hantera klimatförändringar genomförts. Som exempel kan nämnas uppdrag till länsstyrelserna att sammanställa, redovisa och göra jämförelser av det klimatanpassningsarbete som sker på kommunal nivå samt efter samråd med berörda aktörer utarbeta regionala handlingsplaner. Vid SMHI drivs nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning på uppdrag av regeringen. Centrumets roll är att vara en nod för kunskap om, och mötesplats för, klimatanpassning. Livsmedelsverkets satsningar för att bygga upp

kunskap och förmåga på dricksvattenområdet har ökat de senaste åren, bland annat gjordes 2012 en omfattande studie av kunskapsläge, förmåga och behov hos aktörerna med inriktning på området mikrobiologiska dricksvattenrisker. Länsstyrelserna har genomfört risk- och sårbarhetsanalyser som även behandlar sårbarheten för dricksvatten i ett förändrat klimat, och har också tagit fram förslag till åtgärder. För att ytterligare stärka arbetet fick länsstyrelserna i regleringsbrevet för 2013 i uppdrag att dels kartlägga pågående åtgärder för klimatanpassning på kommunal nivå, dels efter samråd med berörda aktörer utarbeta regionala handlingsplaner för klimatanpassning till vägledning för det fortsatta lokala och regionala klimatanpassningsarbetet.

Utredaren ska därför med utgångspunkt i rådande ansvarsfördelning

- lämna en uppdaterad analys av klimatförändringarnas framtida effekter på dricksvattenförsörjningen i Sverige, vilka risker detta medför och samhällets sårbarhet,
- bedöma förmågan att hantera klimatförändringarnas effekter på vattenkvalitet och tillgång på vatten för dricksvattenproduktion, med beaktande av åtgärder som genomförts på nationell, regional och lokal nivå efter Klimat- och sårbarhetsutredningen,
- analysera i vilken utsträckning och med vilken kvalitet kommunerna genomför sårbarhetsanalyser enligt författningsstadgade krav och om de vidtar förebyggande åtgärder i sin översiktsplanering, och
- vid behov föreslå ytterligare åtgärder för en trygg dricksvattenförsörjning, inkluderande hela kedjan från risk- och sårbarhetsanalys till förebyggande åtgärder samt åtgärder för att hantera extremsituationer och hur arbetet med dessa bör organiseras (se också avsnittet om krisberedskap).

Ansvariga myndigheter och samordningen dem emellan

Flera av landets centrala, regionala och lokala myndigheter har ansvar för frågor som direkt eller indirekt berör dricksvatten. Flera myndigheter har också föreskriftsrätt. Regeringen identifierade i propositionen En sammanhållen klimat- och energipolitik (prop. 2008/09:162, bet. 2008/09:MJU28, rskr. 2008/09:300), att det finns behov av en nationellt samordnande myndighet inom dricksvattenområdet. Livsmedelsverket har sedan 2009 detta uppdrag. Ett nationellt nätverk för dricksvatten initierades därför av Livsmedelsverket under 2010 där sektorsansvariga myndigheter och berörda branschorganisationer ingår. Utöver Livsmedelsverket ingår också Boverket, Havs- och vattenmyndigheten, Socialstyrelsen, Sveriges geologiska undersökning, de länsstyrelser som är vattenmyndigheter, branschorganisationen för Sveriges vatten- och avloppsverk (Svenskt Vatten), samt Sveriges kommuner och landsting (SKL). Nätverket arbetar gemensamt för att stärka sektorns samlade förmåga genom att systematisera insatserna på dricksvattenområdet. Kommunerna är genom sina VA-bolag de viktigaste huvudmännen för dricksvattenberedning och -distribution. Kommunernas ansvar sträcker sig fram till en fastighets förbindelsepunkt till ledningsnätet. Förutom att kommunerna vanligen är huvudmän för produktionen av dricksvatten, så är kommunerna även ansvariga enligt livsmedelslagstiftningen för den offentliga kontrollen av dricksvatten.

Både ramdirektivet för vatten och dricksvattendirektivet innebär åtaganden för medlemsländerna med avseende på dricksvatten. Bestämmelserna om radioaktiva ämnen i dricksvatten kommer att flyttas från dricksvattendirektivet till ett separat direktiv. I Sverige är ansvarsfördelningen spridd på många aktörer. Ett behov finns därför att se över om den svenska organisationen avseende dricksvattenfrågor på ett effektivt sätt lever upp till åtagandena enligt rättsakterna och om fördelningen av roller och samordningen är adekvat.

Utredaren ska därför i syfte att nå en effektiv samordning lokalt, regionalt och nationellt

- utvärdera om samordningsrollen som Livsmedelsverket tilldelats är funktionell för att nå en trygg dricksvattenförsörjning, och vid behov lämna förslag på utveckling på myndighetsnivå eller i styrningen av berörda myndigheter.

Krav på övervakning och kontroll av dricksvattenkvalitet

Dricksvattendirektivets krav avser kvaliteten på dricksvattnet vid konsumentens tappkran. Dricksvattendirektivet ålägger kontrollmyndigheterna och i vissa fall medlemsländerna att bedriva offentlig kontroll eller övervakning för att säkerställa dricksvattenkvaliteten. Bestämmelserna om egenkontrollprogram och vilka kvalitetsparametrar som ska kontrolleras återfinns i Livsmedelsverkets föreskrifter (SLVFS 2001:30) om dricksvatten. Dricksvattendirektivet ställer också krav på medlemsländerna att regelbundet rapportera in uppgifter avseende kvalitetsparametrar. Som tidigare nämnts finns krav på övervakning också i ramdirektivet för vatten avseende råvattenkvaliteten för vatten som är ämnat som dricksvatten. I vattenmyndigheternas åtgärdsprogram har det pekats ut att styrmedel för övervakning av råvatten behöver tas fram för alla dricksvattentäkter som i dag omfattas av Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (åtgärd 22). Uppgiften har ålagts Livsmedelsverket i samråd med Sveriges geologiska undersökning (SGU). Branschorganisationen Svenskt Vatten har tagit fram en branschriktlinje om råvattenkontroll som bland annat innehåller provtagnings- och analysfrekvenser för ett antal parametrar som bör analyseras i råvatten avsett för dricksvattenberedning. Livsmedelsverket bedömde 2010 att den offentliga kontrollen av dricksvatten visserligen förbättrats något över tid, men att variationen är stor i landet. Den sammantagna bedömningen var att kontrollmyndigheterna borde lägga mer resurser på kontroll av dricksvatten. Det finns således indikationer på brister i kontrollen.

Utredaren ska därför

- kartlägga kontrollen av dricksvatten inklusive råvattenkvaliteten för vatten som är ämnat som dricksvatten, och vid behov lämna förslag på hur denna kontroll på effektivast möjliga sätt bör organiseras och samordnas med beaktande av de krav som ställs i EU:s olika regelverk och resultaten från arbetet som myndigheterna bedrivit avseende kontroll av råvatten avsett för dricksvattenproduktion.

Vattentäkternas skydd

Genom att inrätta ett *vattenskyddsområde* kan en vattenförekomst med betydelse som nuvarande eller framtida vattentäkt särskilt skyddas genom föreskrifter som begränsar verksamhet inom området. Vattenskyddsområden inrättas med stöd av 7 kap. miljöbalken. Vattenskyddsområden kan bildas på initiativ av bland annat länsstyrelse eller kommun vilka också beslutar om områdets fastställande. Det framgår inte när det är lämpligt att länsstyrelsen respektive kommunen beslutar om inrättande av vattenskyddsområden. Dessa omständigheter skulle kunna leda till att processen med att inrätta vattenskyddsområden fördröjs och att områden inte skyddas i tillräcklig omfattning. För att skapa ett långsiktigt skydd är det även viktigt att ett skydd av dessa områden beaktas vid den kommunala och regionala planeringen. Ramdirektivet för vatten ställer krav på att medlemsstaterna säkerställer att vattenförekomster som används eller kan komma att användas för framtida uttag av dricksvatten får ett erforderligt skydd. De länsstyrelser som är vattenmyndigheter har tagit fram åtgärdsprogram som bland annat behandlar inrättandet av vattenskyddsområden. Som ett alternativ till att inrätta vattenskyddsområden enligt 7 kap. miljöbalken finns också en möjlighet för kommuner att utfärda lokala skydds-föreskrifter kring en vattentäkt.

Föreskrifter kan utformas antingen som förbud mot en viss verksamhet eller åtgärd, inskränkningar eller som krav på att viss verksamhet eller åtgärd får vidtas först sedan särskilt tillstånd sökts och erhållits. De föreskrivna begränsningarna kan till exempel gälla schaktningsarbeten, väghållning, enskilda och kommunala avlopp, avloppsledningar, pumpstationer, dagvatten, industriavlopp, anläggning för bergvärme, användning av gödsel och växtskyddsmedel m.m. Dispens kan lämnas från föreskrifterna om det finns särskilda skäl.

I arbetet med att fastställa ett vattenskyddsområde är de specifika naturgivna förutsättningarna tillsammans med markanvändning och verksamheter i varje område grundläggande. Det gäller såväl den geografiska avgränsningen av området, som värdering och hantering av risker inom området. För att göra en avvägd bedömning och för att åstadkomma en adekvat skyddsnivå krävs kunskap om områdets specifika förutsättningar, pågående markanvändning och verksamheter samt de potentiella negativa effekter som dessa kan orsaka. En likvärdig tillämpning av bestämmelserna förutsätter en väl fungerande tillsynsvägledning.

Inskränkningar som följer av bildande av vattenskyddsområde och föreskrifter som behövs för att tillgodose syftet med området kan begränsa pågående markanvändning. Det kan påverka förutsättningarna för att bedriva verksamheter som exempelvis jordbruk och transporter och i vissa fall skapa intressekonflikter. De krav på åtgärder som ställs med stöd av till exempel föreskrifter ska vara proportionerliga i förhållande till syftet. Vissa rådighetsinskränkningar till följd av bildande av vattenskyddsområde som innebär begränsningar i förutsättningarna för markanvändning och bedrivandet av verksamheter kan berättiga till ersättning. Ersättningsfrågor vid rådighetsinskränkningar utreds av en särskild utredning.

Utredaren ska därför

- analysera om behov av skydd av vattenförekomster beaktas i tillräcklig omfattning i kommunernas och länsstyrelsernas arbete,
- kartlägga processen och tillämpningen av regelverket vid inrättande av vattenskyddsområden och de eventuella intressekonflikter som kan finnas,

- utifrån kartläggningen analysera om de verktyg och metoder som kommuner och länsstyrelser har att tillgå vid bildandet av vattenskyddsområden är tillräckliga, och
- om det bedöms ändamålsenligt föreslå att det i författning eller vägledning bör tydliggöras när kommunen respektive länsstyrelsen ska vara beslutande myndighet.

Krisberedskap

Ett vattenverk ska dimensioneras efter kvaliteten på det råvatten som finns att tillgå och den högsta kapacitet som bedöms behövas. När vattenkvaliteten förändras av yttre orsaker så som klimatförändringar eller en förändrad samhällsstruktur kommer även reningsbehov och beredningsprocesser att påverkas.

Kunskapen om kvalitet på råvatten är bristfällig, i synnerhet vad gäller patogener, till exempel norovirus och *Cryptosporidium*, och vissa kemiska ämnen, vilket innebär att vi i dag inte vet om vattenverken är tillräckligt dimensionerade. För att ha en tillräcklig beredskap mot förändringar kan det finnas behov av, förutom förbättringar av reningsprocesserna vid vattenverket, att också förebygga försämringar av råvattenkvaliteten.

Att säkerställa en trygg dricksvattenförsörjning ställer stora krav. Det finns behov av både kortsiktiga och långsiktiga förbättringar för att Sverige även i framtiden ska ha god tillgång på dricksvatten av hög kvalitet. Arbetet med samhällets krisberedskap vilar på ansvarsprincipen vilket innebär att den som har ansvar för en verksamhet under normala förhållanden också har motsvarande ansvar om det uppstår en kris. Ansvaret inkluderar att vidta de åtgärder som krävs för att både skapa robusthet och krishanteringsförmåga. Ansvarsprincipen innebär också ett ansvar för varje aktör att samverka med andra, ofta sektorsövergripande. Det är därför av vikt att säkra tillgången på lämplig kompetens hos berörda aktörer. En annan grundläggande aspekt är den laborativa kapaciteten, dvs. förmågan att kunna analysera förekomsten av skadliga ämnen, både kemiska ämnen och mikrobiologiska organismer. I underlaget till klimat- och sårbarhetsutredningen bedömdes att det finns ett generellt behov av utveckling av kunskapen på området. I Sverige bedrivs forskning om dricksvattenrelaterade frågor av ett fåtal forskargrupper.

För att kunna framställa och distribuera ett säkert dricksvatten är det vidare av stor vikt att berörda anläggningar kan skyddas mot olyckor och sabotage. Livsmedelsverket har utarbetat föreskrifter och vägledningar om åtgärder för att förebygga och avhjälpa skadeverkningar av sabotage och annan skadegörelse riktade mot dricksvattenanläggningar. I korthet innebär föreskrifterna att anläggningarna ska skyddas mot obehörigt tillträde och att dricksvattnet, liksom viktig information för att skydda dricksvattenverksamheten mot obehörig åtkomst. Det fysiska skyddet av vattenverk och dricksvattenanläggningar har förbättrats de senaste åren, bland annat genom projektet Lås och bom som genomförts av Livsmedelsverket med finansiering från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Det kan dock finnas behov av att utvärdera om de insatser som görs har avsedd effekt.

Livsmedelsverket bildade 2004 en nationell stödfunktion för allvarliga kriser i dricksvattenförsörjningen, vattenkatastrofgruppen VAKA. VAKA består av per-

soner med bakgrund från dricksvattenproduktion, miljöskydd, laboratorieverksamhet och räddningstjänst. Medlemmarna finns spridda över hela landet. Gruppen har en stor samlad erfarenhet av händelser såsom olyckor med farligt gods, utsläpp i vattentäcker, stora vattenläckor, förorenade ledningsnät, vattenbrist, översvämningar, ras och skred, höga flöden, strömavbrott samt andra olyckor och händelser som påverkat vattenförsörjningen. VAKA har kapacitet att ge ett konsultativt stöd till de lokalt ansvariga vid denna typ av händelser. VAKA tillhandahåller även nödvattenutrustning i form av vattentankar när sådan behövs för att klara vattenförsörjningen. MSB har finansierat VAKAs verksamhet i uppbyggnadsskedet. I dagsläget är det oklart hur verksamheten kan finansieras efter 31 december 2013.

Riksrevisionen bedömde 2008 att staten inte skapat tillräckliga förutsättningar för att klara allvarliga och omfattande kriser i dricksvattenförsörjningen. Sedan dess har åtgärder vidtagits, men det finns skäl att förnya analysen. Livsmedelsverket pekar i sin risk- och sårbarhetsanalys för 2012 på fortsatta förbättringsbehov exempelvis av den regionala samordningen och samverkan vid dricksvattenkriser.

Utredaren ska därför med bibehållande av ansvarsprincipen

- föreslå hur kommunerna och länsstyrelserna, kan utveckla sin generella kompetensförsörjning, långsiktiga planering samt krisberedskap,
- utvärdera om skyddet mot olyckor och sabotage samt krisberedskapen avseende dricksvattenproduktion och –distribution är tillräckligt och vid behov lämna åtgärdsförslag, och
- utvärdera den till Livsmedelsverket kopplade nationella vattenkatastrofgruppen VAKA och vid behov lämna förslag på utveckling av dess verksamhet och fortsatt finansiering av verksamheten.

Ledningsnät och distribution av dricksvatten

Vattenledningsnäten i Sverige har en sammantagen längd på 67 000 km vilket motsvarar nästan två varv runt ekvatorn. Motsvarande längder för avloppsnäten är 92 000 km. Stora delar av den infrastruktur som finns för distribution och produktion av dricksvatten är av tämligen hög ålder. Det sammanlagda återanskaffningsvärdet för de allmänna VA-ledningsnäten uppskattas av branschorganisationen Svenskt Vatten till 500 miljarder kronor, vilket utgör cirka 70 procent av återanskaffningsvärdet för hela VA-systemet. Trycklöst ledningsnät, som kan uppstå i gamla ledningsnät, innebär en risk för dricksvattenförsörjningen då risk för påverkan av avloppsledningarna uppstår i gemensamma rörgravar samt vid inläckage av ytvatten.

Ansvar för underhåll och investeringar åvilar dricksvattenproducenterna. I dag lägger svenska VA-organisationer totalt cirka 2 miljarder kronor per år på förnyelse av VA-näten, men variationen är stor mellan kommunerna. En grov bedömning från Svenskt Vatten är att investeringarna i förnyelse av VA-näten kommer att öka gradvis 3–4 gånger under den närmaste 25-årsperioden. Förnyelsetakten bedöms i dag vara för låg och behoven skjuts för närvarande upp. En viktig VA-teknisk fråga är därför hur, och med vilken takt, de befintliga VA-ledningsnäten behöver förnyas.

När det gäller de material som används i distributionen av dricksvatten och som kommer i kontakt med dricksvatten behöver det säkerställas att dessa material är säkra ur folkhälsosynpunkt. Ett aktuellt exempel är bisfenol A. Kemikalieinspektionen har för närvarande i uppdrag att tillsammans med Boverket och Livsmedelsverket kartlägga användningen av epoxi som kan innehålla bisfenol A vid så kallad relining av vattenrör och bedöma riskerna med sådan användning. Uppdraget ska redovisas senast i december 2013.

Material i kontakt med dricksvatten finns inte bara i ledningsnäten utan också i andra delar av distributionskedjan som exempelvis vattenverk och fastighetsinstallationer. Miljömålsberedningen har i delbetänkandet Minska riskerna med farliga ämnen! Strategi för Sveriges arbete för en giftfri miljö (SOU 2012:38) lyft fram att det i dag saknas lagstiftning som tydligt reglerar material i kontakt med dricksvatten, både inom EU och nationellt i Sverige. Flera aktörer, bland annat i remissbehandlingen av Kemikalieinspektionens redovisning av uppdraget om bisfenol A, har vidare framfört att det behövs förtydliganden kring de olika myndigheternas ansvar för lagstiftning och tillsyn.

Miljömålsberedningen bedömer i sitt delbetänkande att det finns behov av att se över riskhanteringen av material som kommer i kontakt med dricksvattnet i såväl vattenverk som ledningsnät och fastighetsinstallationer fram till att det tappas i kran, och att översynen bör omfatta samtliga ämnen som misstänks kunna utgöra en risk.

Miljömålsberedningen föreslår i sitt delbetänkande att regeringen bör ge Boverket, Livsmedelsverket och Kemikalieinspektionen i uppdrag att tillsammans med andra berörda aktörer kartlägga riskerna med material som kommer i kontakt med dricksvatten och föreslå de åtgärder som krävs för att dricksvatten som tappas från kran är fritt från ämnen som kan innebära en risk för människors hälsa. Beredningen föreslår att åtgärderna ska vara införda senast 2016, att erfarenheterna från de länder som redan har nationella regleringar inom området bör tas till vara i utredningsarbetet, och att strävan bör vara att lägga grunden för ett svenskt deltagande i samarbetet för att upprätta EU-gemensamma krav på tillverkare och byggingen.

Utredaren ska därför

- kartlägga och utvärdera behoven av modernisering och förnyelse av infrastrukturen för dricksvattenproduktion och -distribution, vilket inkluderar andra faktorer som kan påverka säkerheten,
- analysera i vilken utsträckning dricksvattenproducenterna fullgör sina skyldigheter att reinvestera i och underhålla infrastrukturen,
- inom ramen för nuvarande ansvarsfördelning föreslå hur eventuella hinder för erforderlig förnyelse kan avhjälpas, och
- föreslå hur svenska myndigheters ansvar beträffande material i kontakt med dricksvatten bör fördelas.

Generellt om förslagen

Utredaren ska genomgående lämna förslag på hur identifierade nuvarande och potentiella problem kan lösas mest kostnadseffektivt och hur arbetet för att genomföra åtgärderna bör organiseras, i syfte att skapa förutsättningar för en hållbar

och trygg dricksvattenförsörjning. Inhämtning av erfarenheter från andra länder, via exempelvis rapporter, ska ingå i utredningen.

Utredaren ska, när annat inte anges, utarbeta fullständiga förslag till de författningsändringar och nya författningar som övervägandena ger anledning till.

Förslagen bör vara så utformade att deras konstruktion och verkan är lätt att tillämpa för verksamhetsutövare, tillsynsmyndigheter och allmänhet. Vidare ska förslagen vara utformade på ett sådant sätt att den administrativa hanteringen för verksamhetsutövarna förenklas utan att syftet med regleringen urholkas. Vid utformningen av förslagen ska utredaren ta hänsyn till regeringens mål att minska de administrativa kostnaderna för företag.

Konsekvensbeskrivningar

Ekonomiska konsekvenser av utredarens förslag och konsekvenser för den kommunala självstyrelsen ska redovisas enligt 14–15 a §§ i kommittéförordningen (1998:1474).

Följande ska särskilt beaktas:

1. Alla förslag ska åtföljas av dels en samhällsekonomisk analys som visar kostnader och nytta med åtgärderna dels en bedömning av kostnadseffektiviteten. Utredaren ska även redovisa en sammantagen samhällsekonomisk beräkning av förslagen. Utredaren ska beskriva och analysera effekterna av förslagen, särskilt rörande effekter på kommuner och kommunala bolag.
2. Utredaren ska beskriva de ekonomiska konsekvenserna för staten, kommunerna samt de kommunala bolagen och, om förslagen medför ökade utgifter eller minskade intäkter, lämna förslag på hur de olika åtgärderna bör finansieras med utgångspunkt i rådande ansvarsfördelning och ansvarsprinciper.
3. Om förslagen har betydelse för den kommunala självstyrelsen, ska konsekvenserna i det avseendet anges. Utredaren ska i detta sammanhang beakta att en inskränkning i den kommunala självstyrelsen inte bör gå utöver vad som är nödvändigt med hänsyn till de ändamål som har föranlett den.

Samråd och redovisning av uppdraget

Utredaren ska i arbetet samråda med de myndigheter och organisationer som berörs av uppdraget, särskilt Boverket, Havs- och vattenmyndigheten, Kemikalieinspektionen, Livsmedelsverket, Naturvårdsverket, Statens jordbruksverk, Sveriges geologiska undersökning, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, och de länsstyrelser som är vattenmyndigheter.

Utredaren ska vidare i arbetet samråda med andra utredningar inom området. Särskilt ska samråd ske med Utredningen om vattenverksamheter (M 2012:01), Utredningen om ersättning vid vissa fall av rådhetsinskränkningar (M 2012:02), Miljömålsberedningen (M 2010:04), Utredningen om säkerhetsskyddslagen (Ju 2011:14), och med de länsstyrelser som arbetar med regeringsuppdraget att samordna klimatanpassningsarbetet.

Ett delbetänkande om den del av uppdraget som rör vattentäkternas skydd och den del som rör hur ansvaret för material i kontakt med dricksvatten ska fördelas

ska redovisas senast den 1 juli 2014. Förslagen i delbetänkandet får inte totalt sett innebära någon ökning av statens utgifter eller minskning av statens intäkter. Uppdraget ska slutredovisas senast den 30 juni 2015.

(Landsbygdsdepartementet)

BILAGA 2

Kommittédirektiv 2014:73

Kommittédirektiv 2014:73

Tilläggsdirektiv till Dricksvattenutredningen (L 2013:02)

Beslut vid regeringssammanträde den 28 maj 2014

Utvidgning av uppdraget och förlängd tid för uppdraget

Regeringen beslutade den 18 juli 2013 kommittédirektiv om en trygg dricksvattenförsörjning (dir. 2013:75).

Enligt direktivet skulle ett delbetänkande redovisas senast den 1 juli 2014, bland annat i den del av uppdraget som rör vattentäkternas skydd. Utredaren får nu ett utvidgat uppdrag i den delen. Utredningstiden förlängs och uppdraget ska slutredovisas senast den 29 april 2016.

Det ursprungliga uppdraget

En särskild utredare ska gå igenom dricksvattenområdet, från råvatten till tappkran för allmänt dricksvatten. Syftet med utredningen är att identifiera nuvarande och potentiella utmaningar för en säker dricksvattenförsörjning i landet, på kort och på lång sikt, och i förkommande fall föreslå lämpliga åtgärder. Utgångspunkten ska bl.a. vara hur risker med t.ex. kemiska ämnen och skydd för dricksvattenförsörjning och råvattentäkter på ett riskbaserat och systematiskt sätt ska kunna hanteras. I syfte att skapa förutsättningar för en trygg och säker dricksvattenförsörjning ska utredaren föreslå kostnadseffektiva åtgärder för att lösa identifierade brister och beskriva hur arbetet för att genomföra dessa bör organiseras. En väsentlig del i uppdraget rör skyddet av vattentäkter. I den delen ska utredaren

- analysera om behov av skydd av vattenförekomster beaktas i tillräcklig omfattning i kommunernas och länsstyrelsernas arbete,
- kartlägga processen och tillämpningen av regelverket vid inrättande av vattenskyddsområden och de eventuella intressekonflikter som kan finnas,
- utifrån kartläggningen analysera om de verktyg och metoder som kommuner och länsstyrelser har att tillgå vid bildandet av vattenskyddsområden är tillräckliga, och

- om det bedöms ändamålsenligt föreslå att det i författning eller vägledning bör tydliggöras när kommunen respektive länsstyrelsen ska vara beslutande myndighet.

Promemoria M2013/1675/R

I promemoria (M2013/1675/R) med förslag till ändring av 7 kap. miljöbalken om vattenskyddsområden samt förslag till ny bekämpningsmedelsförordning föreslås bl.a. att det generella tillståndskravet för användning av växtskyddsmedel i vattenskyddsområden ska upphöra att gälla den 31 december 2018. Förslaget innebär att fram till dess skulle kommunerna ha möjlighet att se över befintliga vattenskydds-föreskrifter och komplettera dessa med bestämmelser om användning av växtskyddsmedel.

Därutöver föreslogs i syfte att stärka skyddet av dricksvattnet också en ändring i 7 kap. 21 § miljöbalken som skulle innebära en skyldighet för kommunerna att inrätta vattenskyddsområden för att skydda allmänna vattentäkter som används.

Promemorian har remitterats. Ett stort antal remissinstanser är kritiska till förslaget att fasa ut det generella tillståndskravet för användning av växtskyddsmedel i vattenskyddsområden. När det gäller förslaget att införa en skyldighet för kommunerna att inrätta vattenskyddsområden är de flesta remissinstanser positiva men många pekar på ett behov av ytterligare utredning. De synpunkter som förs fram har till stor del bäring på båda förslagen. Remissinstanserna menar att kommunerna saknar resurser och kompetens att inrätta nya vattenskyddsområden och se över befintliga vattenskyddsföreskrifter och anta nya till den 31 december 2018. Ett antal remissinstanser påpekar vidare att om den generella tillståndsplikten i Naturvårdsverkets föreskrifter tas bort och inte ersätts av tillståndskrav i lokala vattenskyddsföreskrifter kommer ett stort antal vattenskyddsområden att vara otillräckligt skyddade mot föroreningar av kemiska växtskyddsmedel.

Remissinstanserna påpekar även att det saknas sanktionsmöjligheter mot kommuner som inte ser över gällande vattenskyddsföreskrifter och inrättar vattenskyddsområden och att detta innebär att det saknas incitament för kommunerna att leva upp till kraven. Remissinstanserna påpekar vidare att det är oklart vilken myndighet som ska utöva tillsyn över att myndigheter inrättar vattenskyddsområden och ger dessa ett adekvat skydd.

Flera remissinstanser framhåller att finanseringsfrågan måste utredas ytterligare, bl.a. lyfter de fram att möjligheterna att täcka kostnader för inrättande av vattenskyddsområden via va-avgifter som frågor där det finns utredningsbehov. Samma resonemang förs fram beträffande kostnader för att se över befintliga vattenskyddsområden. I promemorian föreslogs en skyldighet för kommunerna att inrätta vattenskyddsområden. Remissinstanserna har således inte tagit ställning till vilka konsekvenser som kan uppstå om länsstyrelsen inrättar eller ser över ett vattenskyddsområde. De synpunkter som remissinstanserna framfört kan dock vara relevanta även i de fall länsstyrelsen inrättar eller ser över ett vattenskyddsområde. Vidare pekar remissinstanserna på att det kan finnas en särskild problematik att i glesbygden möta de kostnader som inrättandet av vattenskyddsområden kan medföra.

Utvidgning av utredningsuppdraget

Mot bakgrund av utredarens nuvarande uppdrag, och Regeringskansliets promemoria (M2013/1675/R) med förslag till ändring av 7 kap. miljöbalken om vattenskyddsområden samt förslag till ny bekämpningsmedelsförordning, ger regeringen genom detta tilläggsdirektiv utredaren i uppdrag att analysera ett antal ytterligare frågeställningar i den del som rör skyddet av de allmänna vattentäkterna.

Vattentäkter som i dag inte ingår i vattenskyddsområde

Det finns i dag inget bindande krav att se till att en vattentäkt har ett adekvat skydd. Utredaren ska därför analysera om och i vilken utsträckning det bör finnas en skyldighet att se till att en vattentäkt som används eller som kan antas komma att utnyttjas som allmän vattentäkt men som i dag inte skyddas genom bestämmelserna om vattenskyddsområde har ett adekvat skydd. I detta ingår att analysera rollfördelning och ansvar mellan huvudmannen för vattentäkten, kommunen och länsstyrelsen. Utredaren ska även analysera om det finns tillräckliga förutsättningar för att inrätta vattenskyddsområden.

Utredaren ska vidare analysera om någon myndighet, och i så fall vilken som bör utöva tillsyn av att en sådan skyldighet följs. Utredaren ska också analysera om det finns behov av att kunna vidta sanktioner mot den som inte fullgör en sådan skyldighet.

Befintliga vattenskyddsområden

Skyddet av vissa vattentäkter inleddes redan på 1960-talet. Det kan därför finnas behov att göra en översyn även av befintliga vattenskyddsområden. Utredaren ska därför analysera om och i vilken utsträckning det bör finnas en skyldighet att se över om befintliga vattenskyddsområden har ett adekvat skydd. I detta bör ingå att analysera rollfördelning och ansvar mellan huvudmannen för vattentäkten, kommunen och länsstyrelsen, samt att analysera om någon myndighet, och i så fall vilken som bör utöva tillsyn över att skyldigheten följs. Utredaren ska även analysera om det finns behov av att kunna vidta sanktioner mot den som underlåter att fullgöra en sådan skyldighet.

Tillståndsplikten för användning av växtskyddsmedel i vattenskyddsområden

Utredaren bör också analysera förutsättningarna för att fasa ut en generell tillståndsplikt för användning av växtskyddsmedel i vattenskyddsområden som i dag finns i Naturvårdsverkets föreskrifter. I detta ingår bl.a. att utreda om det finns förutsättningar för statliga myndigheter och kommuner att vidta de åtgärder som krävs för att den generella tillståndsplikten ska kunna fasas ut. Utredningen behöver även närmare analysera konsekvenserna av ett upphävande av den generella tillståndsplikten och finansiering.

Generella utgångspunkter

Utgångspunkten för utredarens förslag till förändringar ska vara riksdagens miljö-kvalitetsmål samt att EU-rättsliga åtaganden rörande vattenkvalitet och då särskilt kraven i Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område (ramdirektivet för vatten) och Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/128/EG av den 21 oktober 2009 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder för att uppnå en hållbar användning av bekämpningsmedel uppfylls. Vidare ska glesbygdens särskilda förutsättningar beträffande skyddet av allmänna vattentäkter beaktas.

I uppdraget ingår inte att se över fastighetsägarens rätt till ersättning på grund av beslut som innebär att mark tas i anspråk eller att pågående markanvändning inom berörd del av en fastighet avsevärt försvåras.

I de fall där utredaren ser behov av åtgärder ska förslag lämnas. Utredaren ska utarbeta fullständiga förslag till de författningsändringar och nya författningar som övervägandena ger anledning till.

Förlängd tid för uppdraget

Delbetänkandet om material i kontakt med dricksvatten ska, som tidigare angetts, redovisas senast den 1 juli 2014. Utredningstiden för den del i uppdraget som rör vattentäkternas skydd och övriga delar som skulle ha redovisats senast den 30 juni 2015 förlängs. Uppdraget ska i stället slutredovisas senast den 29 april 2016.

(Landsbyggsdepartementet)

BILAGA 3

Kommittédirektiv 2015:54

Kommittédirektiv 2015:54

Tilläggsdirektiv till Dricksvattenutredningen (N L 2013:02)

Beslut vid regeringssammanträde den 7 maj 2015.

Ändring i uppdraget

Regeringen beslutade den 18 juli 2013 kommittédirektiv om en trygg dricksvattenförsörjning (dir. 2013:75).

För utredningens fortsatta arbete är det angeläget att den kunskapssammansättning den tagit fram blir föremål för diskussion och prövning. Dessutom behöver myndigheter, kommuner och andra aktörer få ta del av kunskaps- och analysunderlaget för sitt planeringsarbete.

Utredaren ska därför i ett delbetänkande redovisa den del av utredningens arbete som avser en uppdaterad analys av klimatförändringarnas framtida effekter på dricksvattenförsörjningen i Sverige och vilka risker dessa medför.

Genomförande och redovisning av uppdraget

Utredaren ska i arbetet med analysunderlaget dra nytta av de kunskaper och erfarenheter som en rad berörda myndigheter och organisationer har inom klimat- och dricksvattenområdet och då särskilt samråda med Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut och Sveriges geologiska undersökning.

Uppdraget som avser analysen av klimatförändringarnas framtida effekter på dricksvattenförsörjningen i Sverige och vilka risker dessa medför ska redovisas i ett delbetänkande senast den 1 juni 2015. Det övriga uppdraget ska fortfarande redovisas enligt tidigare tilläggsdirektiv (dir. 2014:73), dvs. senast den 29 april 2016.

(Näringsdepartementet)

BILAGA 4

Referensgrupp för
klimat och dricksvatten

Referensgrupp för klimat och dricksvatten

Pär Aleljung, Livsmedelsverket
Cecilia Alfredsson, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
Mats Bergmark, Svenskt Vatten/Räddningstjänsten, Sundsvall
Sten Bergström, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
Anna Eklund, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
Per Ericsson, Svenskt Vatten/Norrvatten
Hillevi Eriksson, Skogsstyrelsen
Anna Gäderlund, Boverket
Tove Göthner, Sveriges Kommuner och Landsting
Gunnel Göransson, Statens geotekniska institut
Victoria Hågländ Sandborgh, Svenskt Vatten/Karlstad kommun
Thomas Klein, Havs- och vattenmyndigheten
Lena Lindström, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
Christina Nordensten, Livsmedelsverket
Cecilia Näslund, Länsstyrelserna/Länsstyrelsen i Blekinge
Robert Paulsson, Jordbruksverket
Roger Roffey, Totalförsvarets forskningsinstitut
Caroline Schönning, Folkhälsomyndigheten
Magdalena Thorsbrink, Sveriges geologiska undersökning
Peter Wallenberg, Lantbrukarnas Riksförbund
Emil Vikberg, Sveriges geologiska undersökning

BILAGA 5

Sveriges klimat 1860–2014

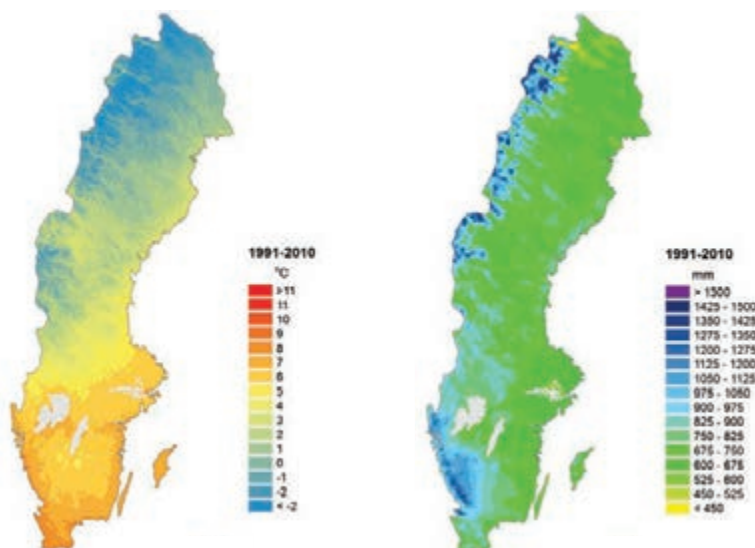


KLIMATOLOGI Nr 13, 2015

Sveriges klimat 1860-2014

Underlag till Dricksvattenutredningen

Gunn Persson



Pämbild: Kartorna visar temperatur (°C) respektive nederbörd (mm), årsmedelvärden för perioden 1991-2010. De baseras på data från PTHBV-databasen, som innehåller rikstäckande interpolerade värden med upplösning 4km×4km, baserad på korrigerade mätdata från SMHI:s meteorologiska stationer

KLIMATOLOGI Nr 13, 2015

Sveriges klimat 1860-2014
Underlag till Dricksvattenutredningen

Gunn Persson

Sammanfattning

Den statliga utredningen ”En trygg dricksvattenförsörjning” ska identifiera nuvarande och potentiella utmaningar för en säker dricksvattenhantering i Sverige. En utgångspunkt ska vara klimatförändringarnas förväntade effekter på dricksvattenförsörjningen.

Som ett underlag till utredningen har SMHI tagit fram denna sammanställning över Sveriges klimat fram till idag, speciellt med fokus på perioden 1961-2013

I rapporten sammanställs material över Sveriges klimat, framförallt från www.smhi.se men även från rapporter och andra SMHI-källor. Materialet är alltså inte homogent avseende tidsperioder, geografisk fördelning eller metoder.

Sverige har de senaste årtiondena haft en varm och blöt period. Temperaturökningen har under de senaste 20 åren varit ca 1 °C (årsmedelvärde). Vegetationsperioden har ökat främst, i norra Sverige.

1970-talet var torrt, men sedan dess har nederbörden ökat, framförallt under sommaren. Idag är årsnederbörden vanligen över 600 mm. Den ökade nederbörden syns mest för de sydvästliga delarna av landet.

Avseende avrinning var år 2000 mest extremt. Det är också året med mest nederbörd. Kraftiga regn i städer kan direkt orsaka problem med översvämningar och de senaste åren har flera fall uppmärksammats ex. Göteborg 2010 och Malmö 2014.

Havsnivån har stigit och takten har ökat de senaste 30 åren. Den pågående landhöjningen motverkar havsnivåhöjningen, men svagt i södra Sverige.

Isläggningen sker allt senare och islossningen allt tidigare för flertalet sjöar.

I rapporten beskrivs även kortfattat problematiken kring vattenstånd och översvämningsrisker för Vänern och Mälaren.

Summary

The governmental report “En trygg dricksvattenförsörjning” (“A safe water supply”) aims to identify current and potential challenges for safe management of drinking water in Sweden. One starting point will be the expected effects of climate change on the drinking water supply.

SMHI has produced this summary of the Swedish climate up until today, which particularly focuses on the period 1961-2013, and forms an important contribution to the governmental report.

The report summarises material concerning Sweden’s climate, in particular from www.smhi.se, but also from reports and other SMHI sources. The material is therefore not homogenous concerning time periods, geographic distribution or methods.

The last few decades have been warm and wet for Sweden. Over the last 20 years the temperature has increased by about 1 °C (yearly annual mean). The vegetation period has become longer, in particular in northern Sweden.

The 1970s were dry, but precipitation has increased since then, in particular during the summers. Annual precipitation now usually reaches over 600 mm. The increase in precipitation is most noticeable in the south western parts of the country.

The year 2000 reached an extreme for run-off and is also the year with highest precipitation. Torrential rain in cities can cause immediate problems with flooding and over the last few years several cases have been noted, such as Göteborg in 2010 and Malmö in 2014.

The sea level has risen and the rate has increased over the last 30 years. The current land uplift counteracts the rise in sea level, although only weakly in southern Sweden.

The ice season has started later and ice break-up starts earlier and earlier for most of the lakes.

The report also summarises the problems concerning sea level and flood risk for Lake Vänern and Lake Mälaren.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND	1
2	INLEDNING	1
3	TEMPERATUR	1
3.1	Sveriges temperatur i perspektiv	1
3.2	Normalperioder	5
3.3	Årsmedeltemperaturens avvikelse från 1961-1990	7
3.4	Månadsmedeltemperaturer avvikelse från 1961-1990	10
3.5	Extremtemperaturer	14
3.6	Länsanalyser	16
4	VEGETATIONSPERIOD.....	17
4.1	Vegetationsperiodens längd från 1960.....	17
4.2	Vegetationsperiodens start- och sluttidpunkt	19
5	NEDERBÖRD.....	21
5.1	Sveriges årsnederbörd i perspektiv.....	21
5.2	Normalperioder	23
5.3	Årsnederbördens avvikelse från 1961-1990	25
5.4	Månadsnederbördens avvikelse från 1961-1990.....	27
6	EXTREM NEDERBÖRD	30
6.1	Extrem dygnsnederbörd.....	30
6.2	Extrem arealnederbörd.....	33
6.3	Svenska nederbördsrekord.....	33
6.4	Torka.....	34
7	SNÖ.....	34
8	AVRINNING.....	36
8.1	Vattenföring i Sverige 1860-2010	40
8.2	Vänern.....	43
8.3	Mälaren	46
8.4	Höga flöden och översvämningar.....	48
8.5	Lågflöden.....	50
9	HAVSVATTENSTÅND	50
9.1	Havsvattenståndets variationer	51
9.2	Extrema havsvattenstånd.....	53
10	IS PÅ SJÖAR	54

11	SLUTSATSER	54
12	REFERENSER	56

1 Bakgrund

Den statliga utredningen ”En trygg dricksvattenförsörjning” (hädanefter benämnd Dricksvattenutredningen) ska identifiera nuvarande och potentiella utmaningar för en säker dricksvattenförsörjning i landet, på kort och på lång sikt. Utgångspunkten ska bl.a. vara klimatförändringarnas förväntade effekter på dricksvattenförsörjningen. Utredningen ska också lämna en uppdaterad beskrivning av hur klimatförändringarna kan komma att påverka olika delar av landet.

Som ett underlag till utredningen har SMHI tagit fram denna sammanställning över Sveriges klimat fram till idag, speciellt med fokus på perioden 1961-2013. Sammanställningen bygger på parametrarna som är relevanta för dricksvattenförsörjningen. I en separat rapport till Dricksvattenutredningen (Eklund, 2015) ges en översikt över hur klimatet i Sverige beräknas förändras fram till 2100. Rapporterna är bilagor till delbetänkandet ”Klimatförändringar och dricksvattenförsörjning”, utgiven i maj 2015.

Denna rapport har tidigare getts ut som rapport nr 2014-36 i SMHI:s serie för uppdragsrapporter. Det som är förändrat i denna version är att några av figurerna har uppdaterats.

2 Inledning

Materialet i kapitel 2 baseras på tidigare publicerade studier. Det innebär att materialet avser olika tidsperioder och att olika underlag finns att tillgå för olika delar av Sverige. Kartorna på Sverigeskala som visar temperatur respektive nederbörd för perioderna 1961-1990 och 1991-2010 är inte tidigare publicerade. De främsta källorna för materialet är smhi.se och olika SMHI-rapporter.

De för Dricksvattenutredningen relevanta parametrar som ingår är temperatur, vegetationsperiod, nederbörd, snö, avrinning, havsvattenstånd och sjöis.

3 Temperatur

Temperaturen är traditionellt en av de viktigaste parametrarna både inom klimatologin och i väderprognoser. Temperaturen kan i vissa vädersituationer variera kraftigt över ett visst bestämt område och över tiden.

3.1 Sveriges temperatur i perspektiv

I Sverige finns ovanligt långa tidsserier av temperaturmätningar t.ex. från Uppsala. I figur 1 visas den rekonstruerade årsmedeltemperaturen för Uppsala 1722-2013. Med rekonstruerad avses att det under årens lopp skett instrumentutveckling och byte av mätplaster osv. vilket tagits hänsyn till.

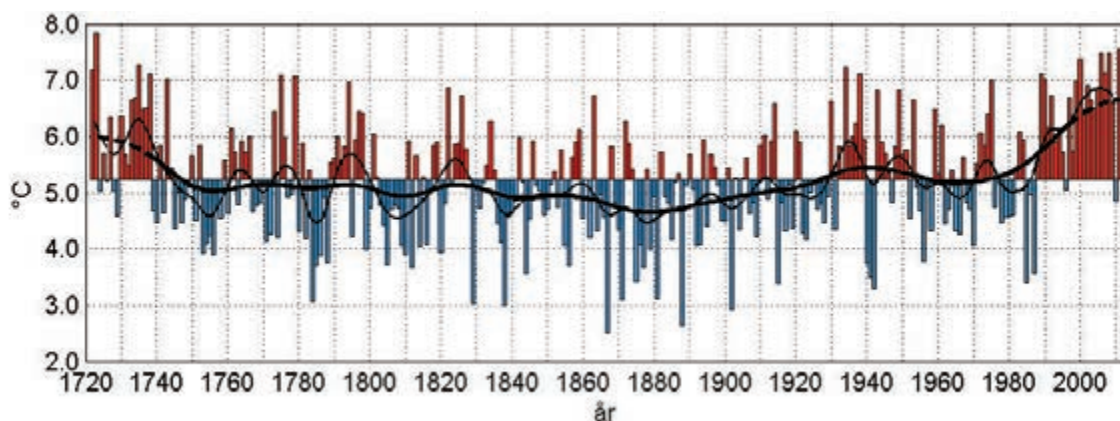
Värdena för de enskilda åren markeras med staplar, som är röda om de är högre och blå om de är lägre än medelvärdet för hela serien. Temperaturens långtidsvariation åskådliggörs med hjälp av två kurvor; den kraftigaste visar ett utjämnat förlopp ungefär motsvarande 30-års medelvärden och den tunnare 10-årsmedelvärden. I början och slutet av tidsperioden baseras dock medelvärdena på färre år. Detta har markerats genom att kurvorna där övergår i streckade linjer.

Under den långa, nästan 300 åriga serien växlar klimatet mellan kallare och varmare perioder men med en lång varm period sedan slutet på 1980-talet.

Temperaturutvecklingen i Sverige som helhet följer SMHI upp genom att beräkna medelvärdet av årsmedeltemperaturer vid utvalda svenska mätstationer. De årliga temperaturerna i diagrammet för Sverige baserar sig på homogeniserade data sedan år

1860. Beräkningarna bygger på 35 stationer som alla startat 1860-1889 och som pågår än idag (figur 2). Stationerna är inte jämnt spridda över landet eftersom det i norra Sverige finns färre stationer med riktigt långa temperaturserier.

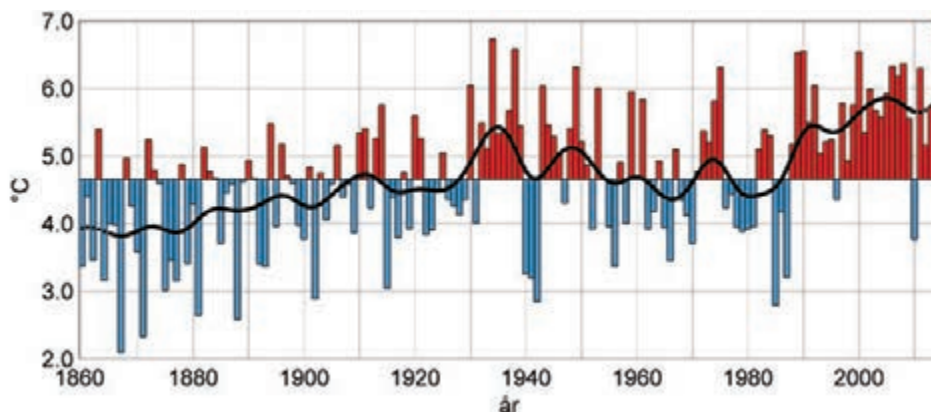
Homogeniserade data innebär att man utöver rättningar av rena felaktigheter och interpolering av saknade data även tagit hänsyn till skillnader som kan uppstå då man byter instrument (mätmetod) eller flyttar mätplatsen. Temperaturklimatet kan skilja sig flera tiondels grader även inom någon kilometers avstånd. Efter homogenisering skall hela periodens data vara som om de hela tiden vore uppmätta på en och samma plats med samma instrument och metod. Metoden finns beskriven i en Kunskapsbanksartikel på www.smhi.se (se figur 2).



Figur 1. Rekonstruerad årsmedeltemperatur i Uppsala 1722-2013.
Källa: www.smhi.se



Figur 2.
De 35 stationer med långa mätserier av temperatur, som används i beräkningarna. Källa: www.smhi.se



Figur 3. Sveriges årsmedeltemperatur 1860-2014 beräknad som medelvärde av årsmedeltemperatur vid 35 svenska mätstationer. Källa: www.smhi.se.

Röda staplar visar högre och blå visar lägre temperaturer än medelvärdet för perioden 1961-1990 (figur 3). Den svarta kurvan visar ett utjämnat förlopp ungefär motsvarande tio-åriga medelvärden.

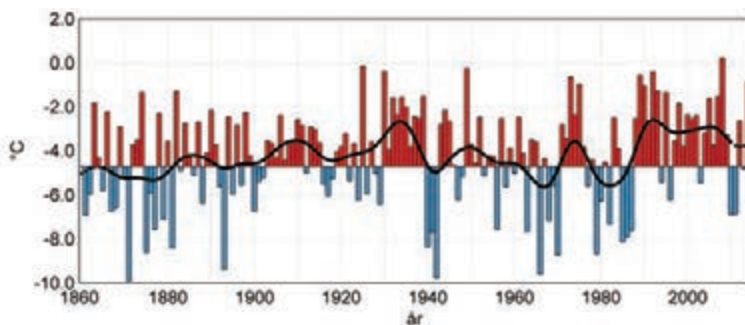
Eftersom Sverige bara utgör en liten del av jordytan framträder regionala variationer i en jämförelse med globala värden. Bland annat den varma perioden under 1930-1940-talen, inklusive åren med de kalla krigsvintrarna, som syns tydligt i våra data är inte alls så framträdande i globala data. Även det i Sverige kalla året 2010 är ett exempel på en regional avvikelse eftersom detta år globalt var ett av de varmaste.

Det finns annars stora likheter mellan de globala och de svenska variationerna i temperaturen till exempel att slutet av 1800-talet var kallare än 1900-talet. Sedan 1988 har alla år utom 1996 och 2010 varit varmare eller mycket varmare än genomsnittet för 1961-1990, dvs. den nu gällande normalperioden. Perioden 1961-1990 är relativt kall jämfört med andra 30-årsperioder under 1900-talet. 2014 är det hittills varmaste året.

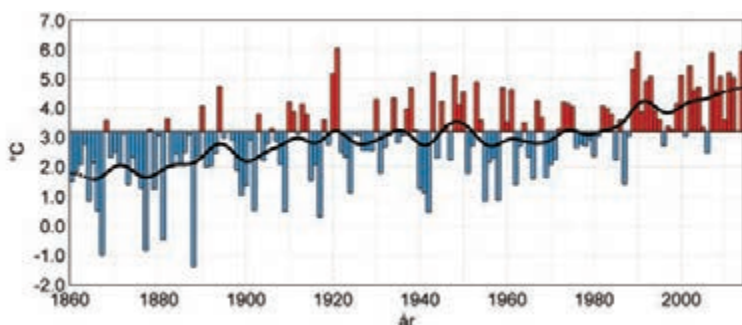
Om man studerar de olika årstidernas temperaturutveckling (figur 4-7) är mönstret likartat vad gäller temperaturuppgången de senaste ca 25 åren. För vintern och sommaren syns även den varma 30-talsperioden. För våren kan utläsas en mer kontinuerlig temperaturuppgång sedan 1860 fram till idag.

Den största variationen i medeltemperatur ses för vintern. De kallaste vintrarna ligger på nästan -10°C och de varmaste kring 0°C . Det ger en variation på 10 grader. Den näst största variationen ses för våren. Medeltemperaturen kan variera mellan -1.5°C och 6°C dvs. en variation på ca 7.5 grader. För sommaren varierar medeltemperaturen mellan 12°C och 17.5°C , dvs. ca 5.5 grads variaton. Höstens medeltemperatur varierar mellan knappt 3°C och 8°C .

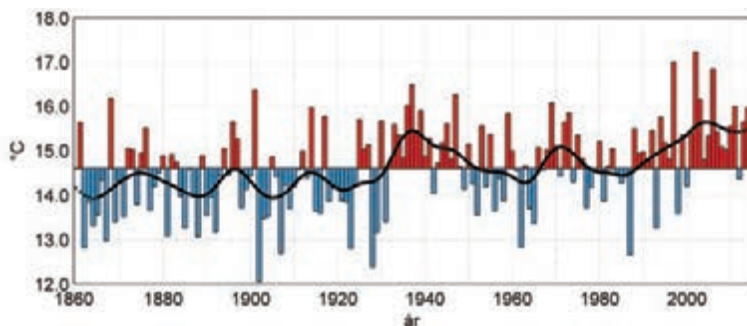
Sveriges årsmedeltemperatur 2010 (figur 3) var kallare än medelvärdet 1961-1990 vilket också avspeglas i vinterns (figur 4) och höstens (figur 7) medelvärden.



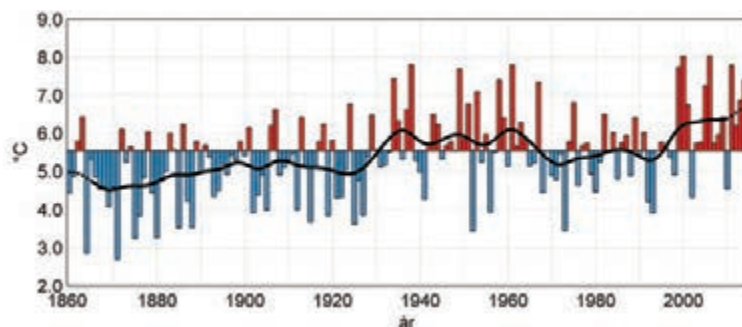
Figur 4. Medelvärden av vinterns medeltemperatur vid 35 svenska stationer. Vinter definieras här som månaderna december-februari. Källa: www.smhi.se.



Figur 5. Medelvärden av vårens medeltemperatur vid 35 svenska stationer. Vår definieras här som månaderna mars-maj. Källa: www.smhi.se.



Figur 6. Medelvärden av sommarens medeltemperatur vid 35 svenska stationer. Sommar definieras här som månaderna juni-augusti. Källa: www.smhi.se.



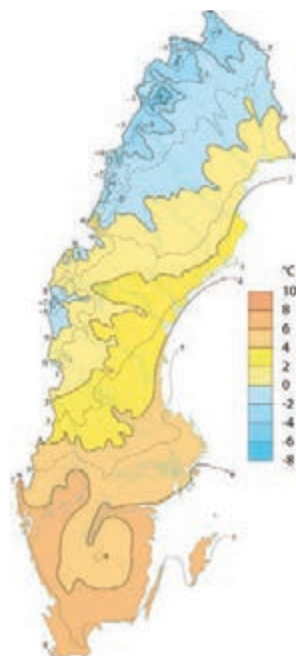
Figur 7. Medelvärden av höstens medeltemperatur vid 35 svenska stationer. Höst definieras här som månaderna september-november. Källa: www.smhi.se.

3.2 Normalperioder

För att olika orters klimatuppgifter ska kunna jämföras rättvisande måste värdena avse samma tidsperiod. Världsmeteorologiska organisationen (WMO) har därför bestämt att statistiska parametrar, som används för klimatbeskrivningar, ska beräknas för så kallade normalperioder. Normalperioderna är oftast 30-årsperioder, där 1961-1990 är den nu gällande standardnormalperioden.

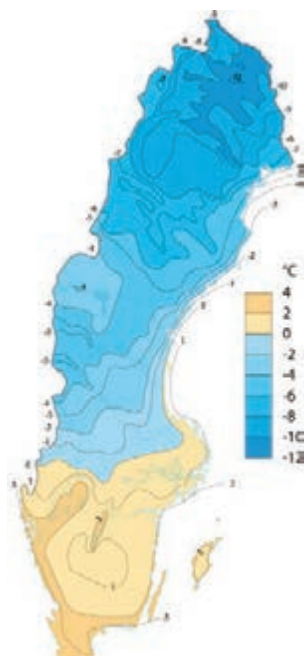
Årsmedeltemperaturen 1961-1990 återfinns i figur 8. Det är kallast i norr och succesivt varmare söderut. Det finns också en gradient från de kallare fjällpartierna mot de varmare kustområdena i öster. Det småländska höglandet sticker ut som kallare än omgivande områden. Detta mönster avspeglas även i månadskartorna (figur 7). Årsmedeltemperaturen går från -3°C i de nordligaste fjällområdena till $+8^{\circ}\text{C}$ längst söderut i Skåne. Dessa temperaturer avspeglas också i grundvattentemperaturerna över landet.

I figur 9 kan ses de medeltemperaturer som överskrids i genomsnitt vart 10:e år för månaderna januari och juli. Statistiskt sett, för normalperioden 1961-1990, är t.ex. månadsmedeltemperaturen i januari inte över 1°C på småländska höglandet 9 år av 10 år. I Mälardalen är juli månadsmedelvärde över 18°C 1 år av 10 år.

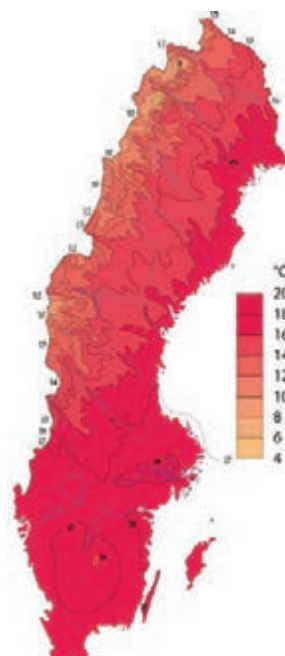


Figur 8. Årsmedeltemperatur 1961-1990.
Källa: www.smhi.se

a)



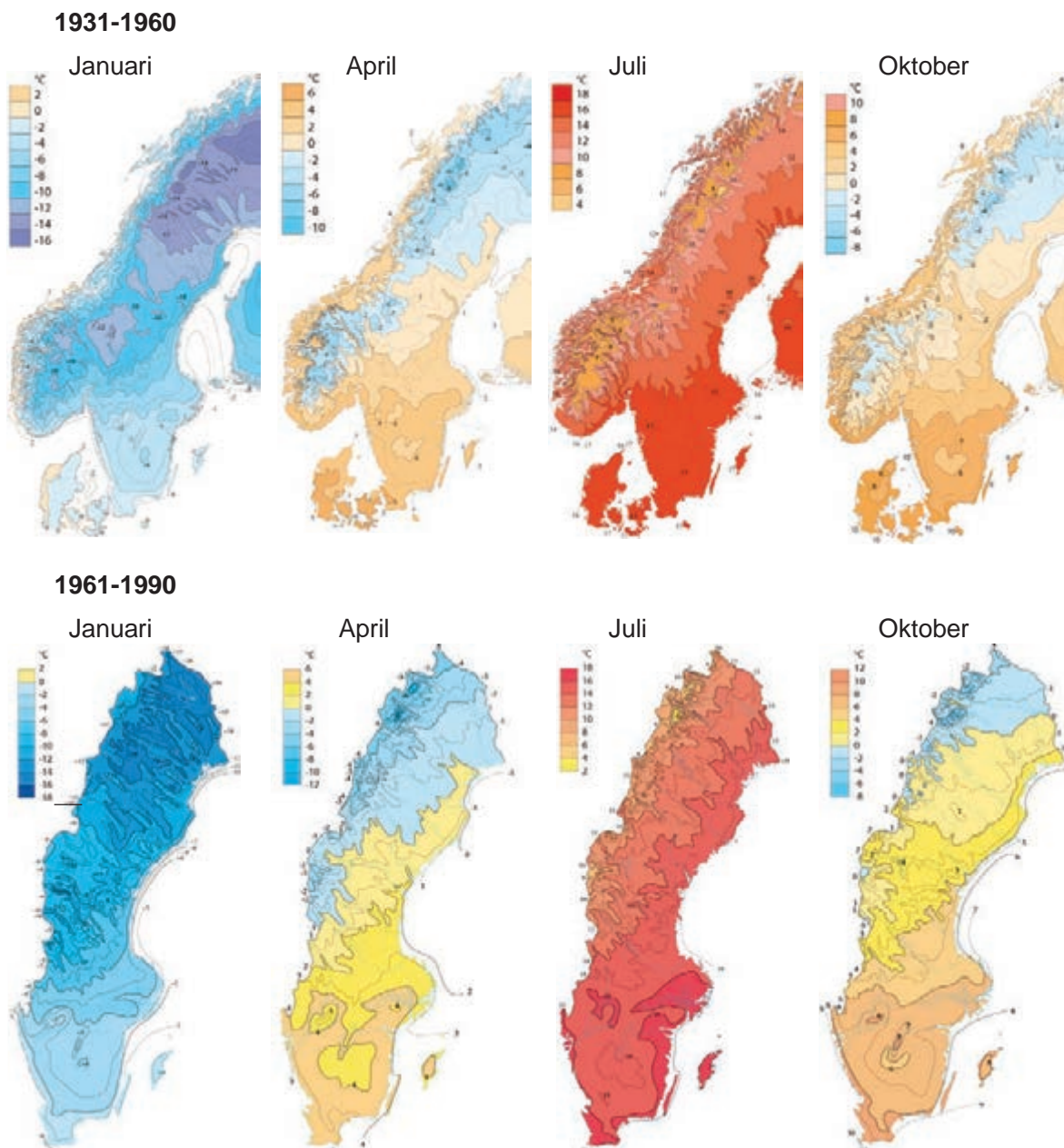
b)



Figur 9. Kartor som illustrerar medeltemperatur i januari (a) respektive juli (b) som överskrids i genomsnitt vart 10:de år för normalperioden 1961-1990. Källa: www.smhi.se.

I figur 10 visas medeltemperaturkartor avseende månaderna januari, april, juli och oktober. För den tidigare normalperioden 1931-1960 visas beskurna Skandinaviska kartor och därunder för Sverige perioden 1961-1990. Färgskalorna är inte desamma men snarlika. Nollpunkten ligger i bägge fallen i brytning mellan blått och gult.

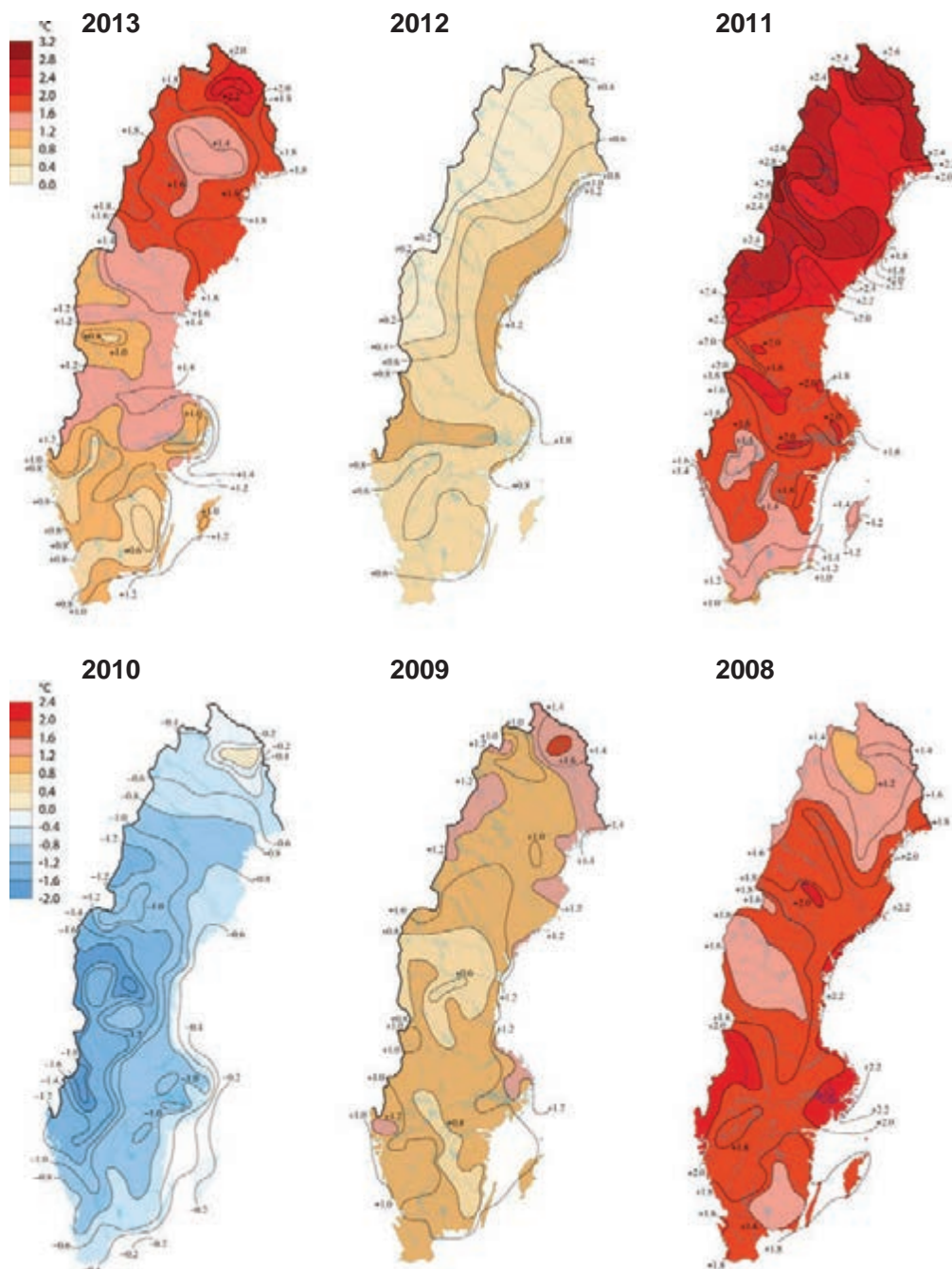
Normalperioderna är inte lika vilket avspeglar att variationen i klimatet är större än vad 30 år kan täcka in. Temperaturmönstret över landet, dvs. fördelningen av kallare och varmare områden, är dock mycket lika. I juli är skillnaden i medeltemperatur över landet lägst (ca 5 grader om fjällen undantas) och i januari är den störst. Medan Skåne har ca -1°C har Norrbotten ca -14°C.



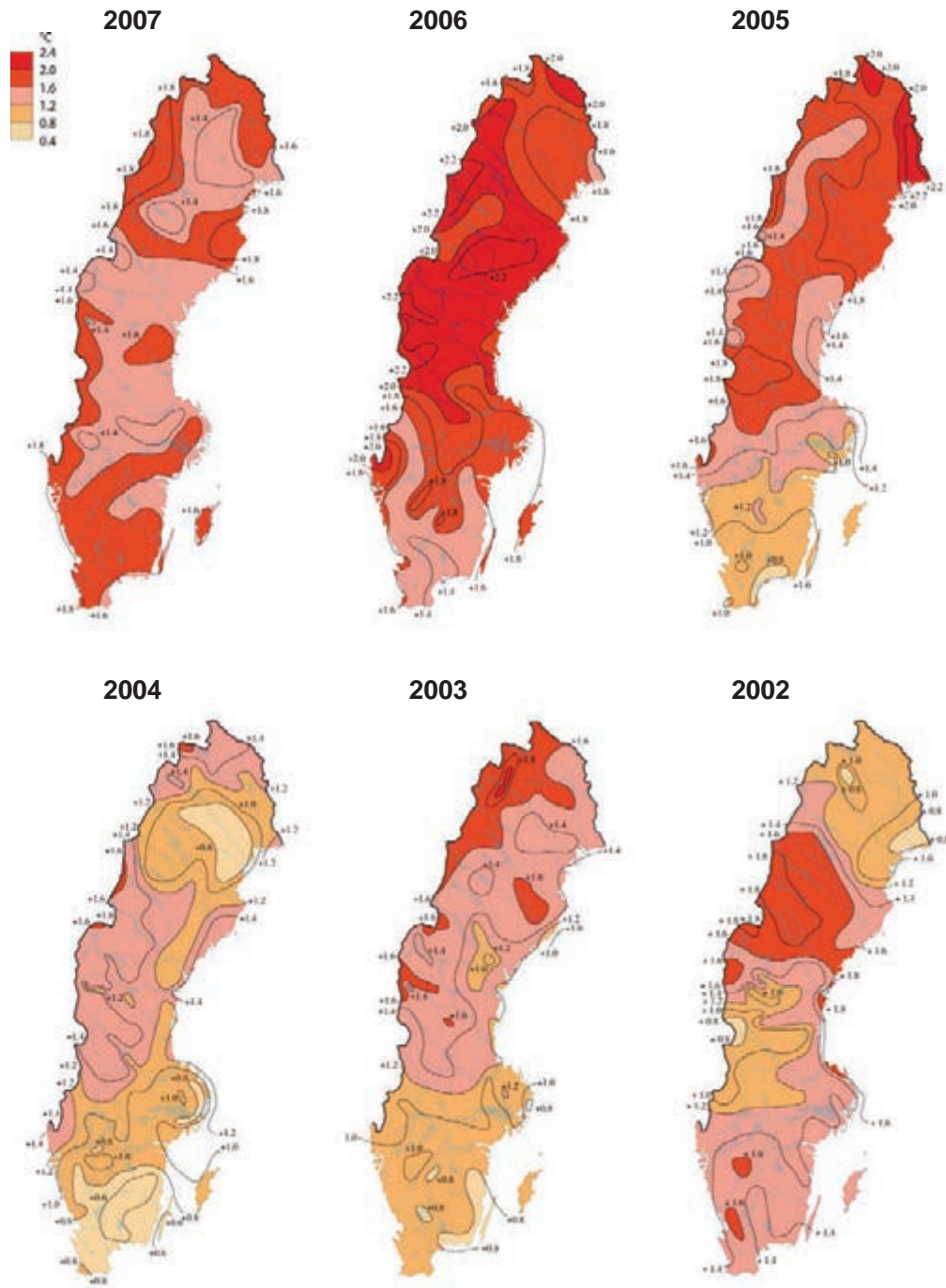
Figur 10. Månadsmedeltemperaturen för månaderna januari, april, juli och oktober. Övre raden visar 1931-1960 och den undre 1961-1990. Källa: www.smhi.se

3.3 Årsmedeltemperaturens avvikelse från 1961-1990

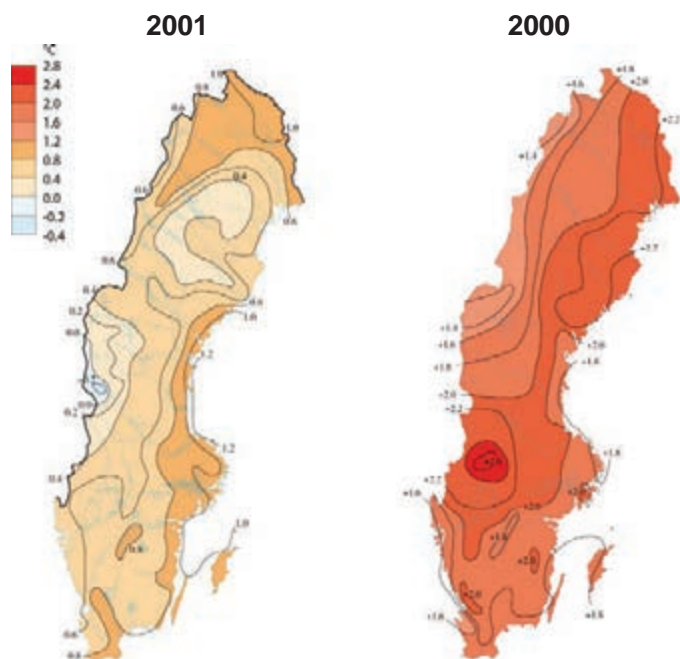
Kartorna nedan visar årsmedeltemperaturens avvikelse (i °C) från den normala årsmedeltemperaturen (medelvärde 1961-1990) för år 2000 och framåt. Analyserna bygger på observationer från cirka 300 stationer som dagligen rapporterar in temperaturer.



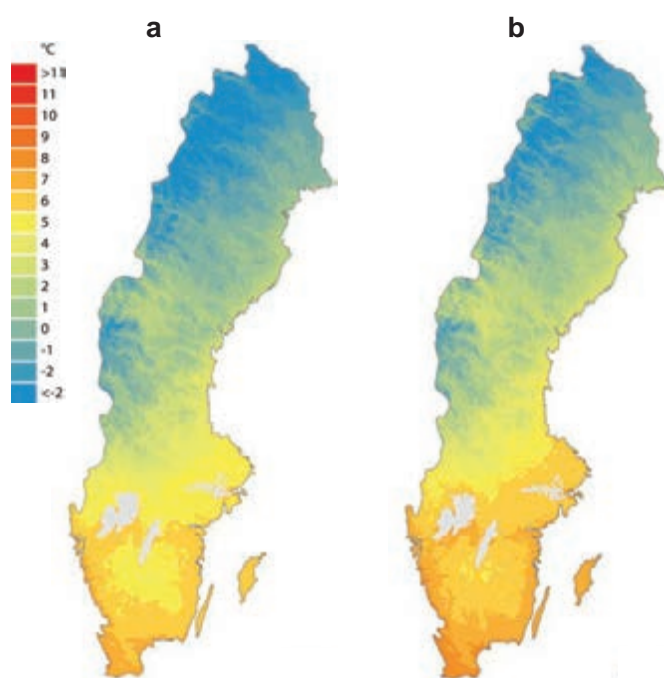
Figur 11a. Kartor över hur årsmedeltemperaturen för enskilda år (2008-2013) avviker från årsmedeltemperaturen 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



Figur 11b. Kartor över hur årsmedeltemperaturen för enskilda år (2002-2007) avviker från årsmedeltemperaturen 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



Figur 11c. Kartor över hur årsmedeltemperaturen för enskilda år (2000-2001) avviker från årsmedeltemperaturen 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



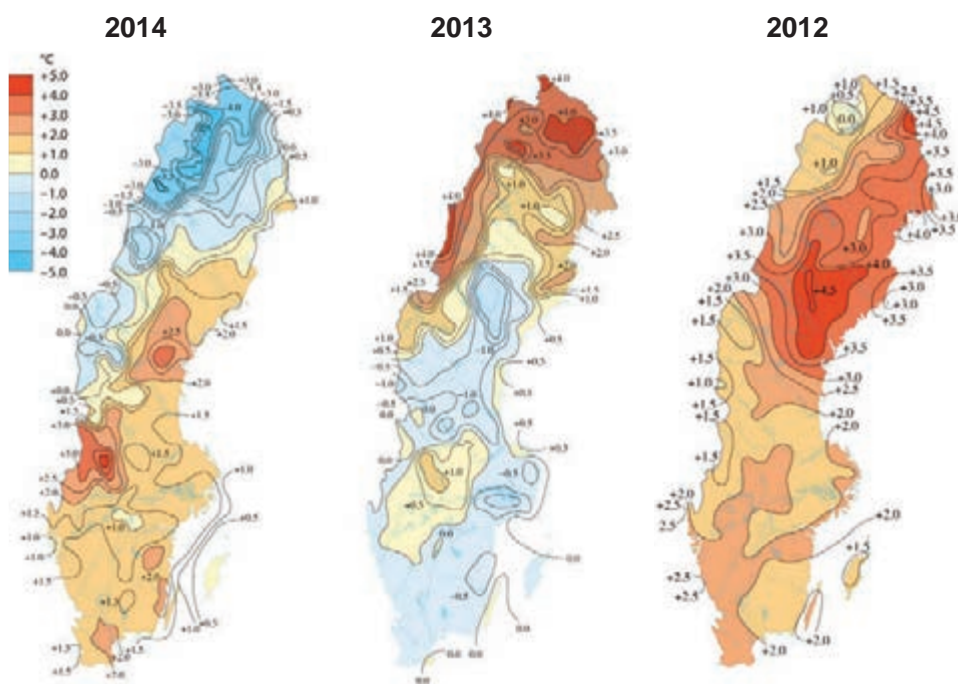
Figur 12. Årsmedeltemperaturen 1961-1990 (a) respektive 1991-2010 (b). Konstruerad utifrån data från PTHBV-databasen, som innehåller rikstäckande interpolerade värden med upplösning 4km×4km, baserad på korrigerade mätdata från SMHIs meteorologiska stationer. Källa: SMHI

Perioden efter 1990 har varit varmare än referensperioden 1961-1990. Det syns tydligt i figur 12 men kan också ses utifrån figur 3.

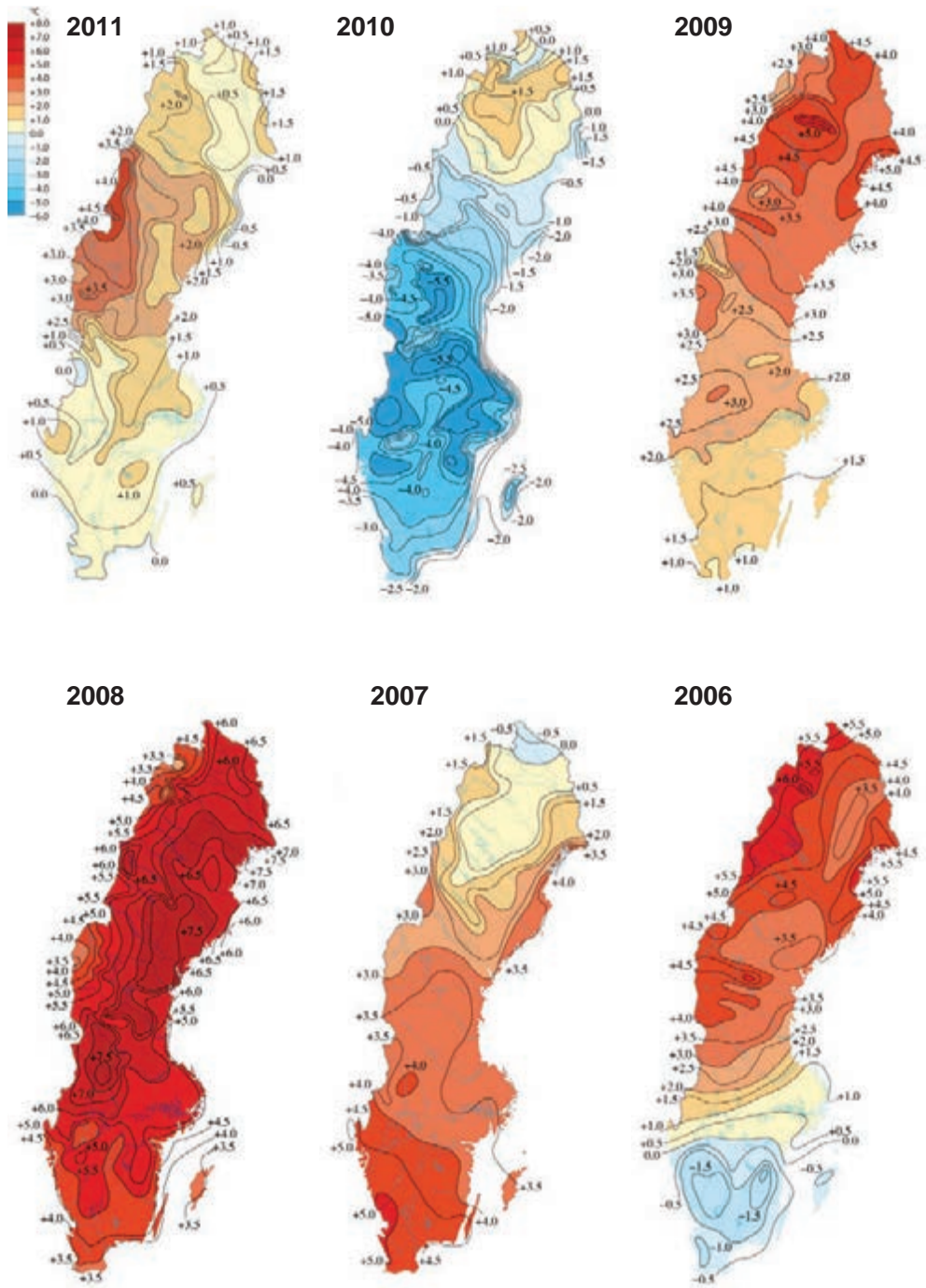
Det är inte alltid så att hela landet avviker från normalvärdet på samma sätt. Alla år från 2000- 2013 har varit varmare än normalt över hela landet med undantag av 2010 då det var kallare än normalvärdet över hela landet. Vi kan också notera att för flera år har temperaturavvikelsen varit störst i norra Sverige.

3.4 Månadsmedeltemperaturer avvikelse från 1961-1990

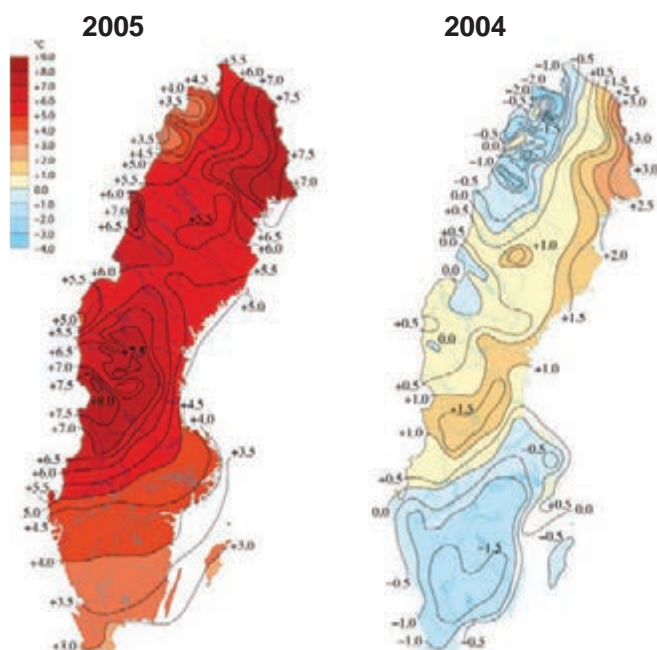
Kartorna visar månadsmedeltemperaturens avvikelse (i °C) från medelvärdet för 1961-1990, från år 2004 till och med 2014. Januari (figur 13) och juli (figur 14) har valts som den kallaste respektive varmaste månaden på året.



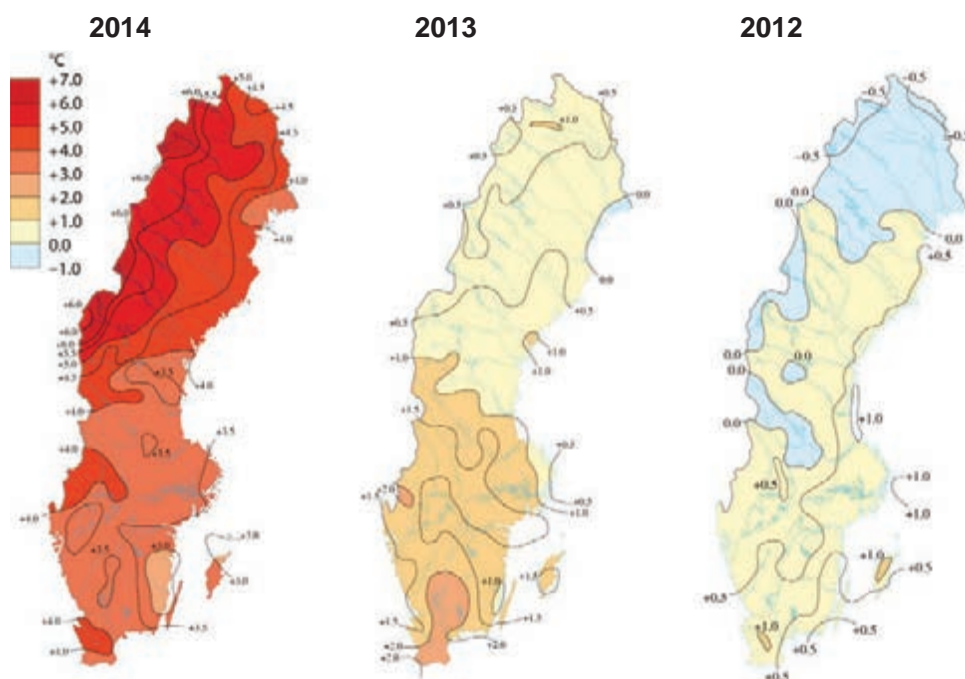
Figur 13a. Kartor som visar hur januari månads medeltemperatur för enskilda år (2012-2014) avviker från månadsmedelvärdet för 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



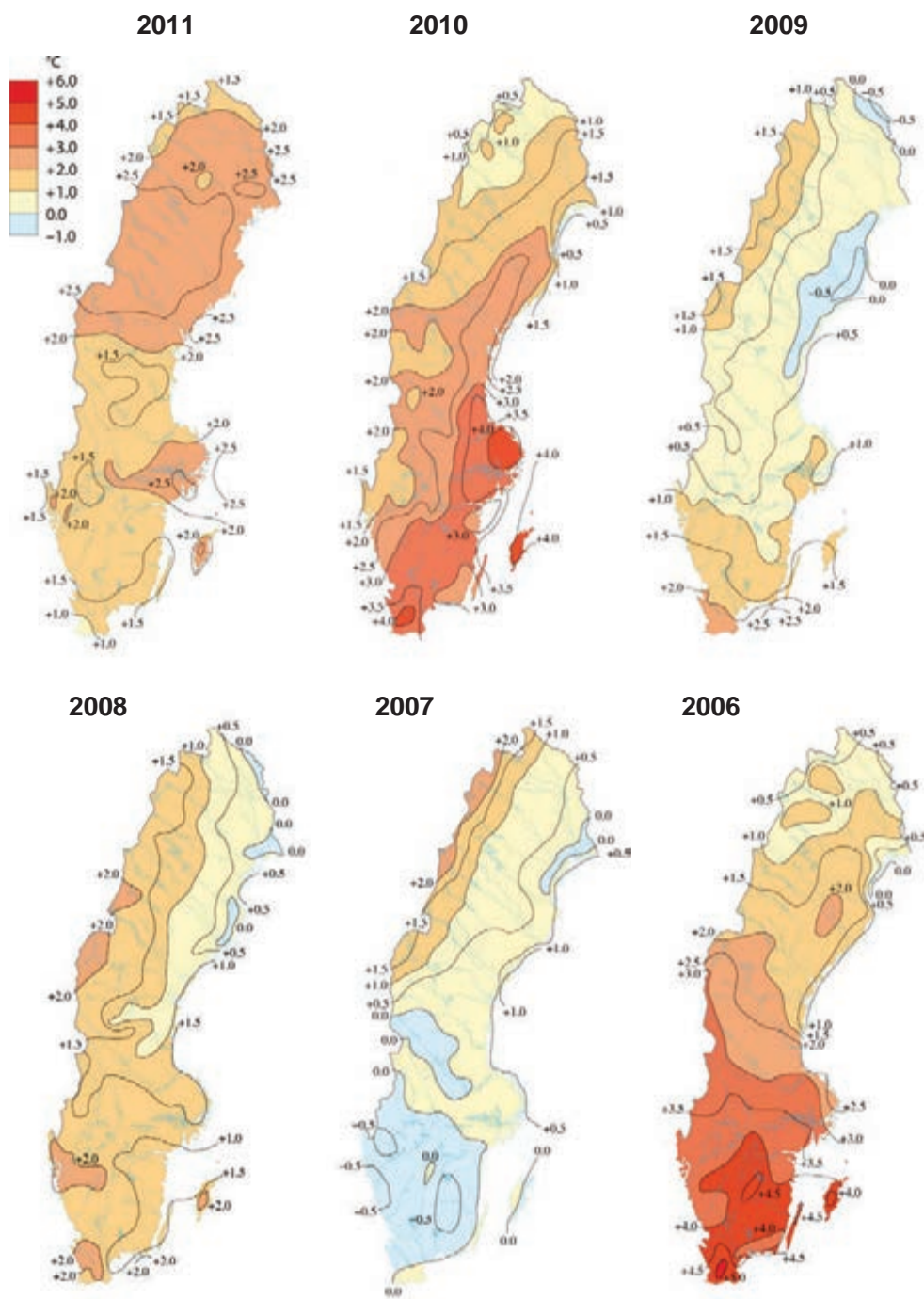
Figur 13b. Kartor som visar hur januari månads medeltemperatur för enskilda år (2006-2011) avviker från månadsmedelvärdet för 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



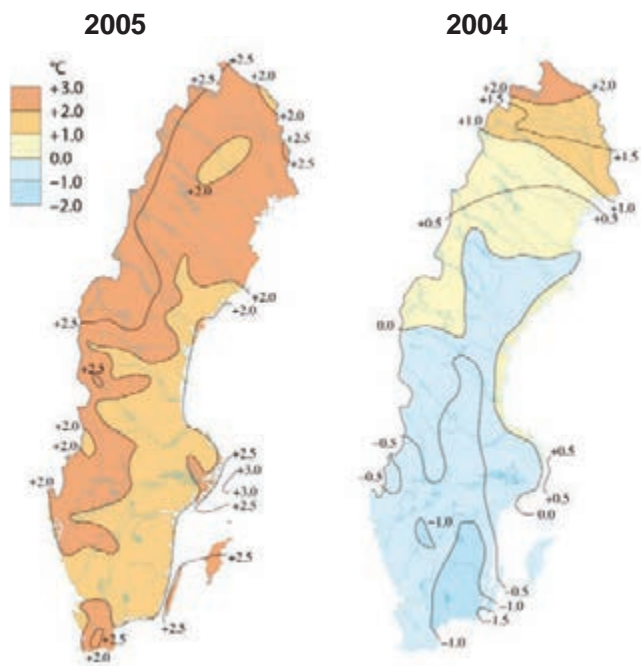
Figur 13c. Kartor som visar hur januari månads medeltemperatur för enskilda år (2004-2005) avviker från månadsmedelvärdet för 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



Figur 14a. Kartor som visar hur juli månads medelvärde för enskilda år (2012-2014) avviker från månadsmedelvärdet 1961-1990. Källa: www.smhi.se



Figur 14b. Kartor som visar hur juli månads medelvärde för enskilda år (2006-2011) avviker från månadsmedelvärdet 1961-1990. Källa: www.smhi.se.



Figur 14c. Kartor som visar hur juli månads medelvärde för enskilda år (2004-2005) avviker från månadsmedelvärdet 1961-1990. Källa: www.smhi.se

Månadsmedeltemperaturens avvikelse uppvisar ett mer splittrat mönster än vad årsvärdena gör. Januari 2014 var det t.ex. kallare än normalt i norra Sverige och varmare än normalt i södra Sverige. Året innan var det tvärsom. Januari 2005 och 2008 sticker ut som mycket varma.

För juli månad är inte skillnaden mellan åren så stor som för januari perioden 2004-2013. Avvikelsena från normalvärdet är inte heller lika stora som för januari. 2006 är det varmaste året, vilket också kan ses i figur 6 (medelvärdet för sommaren) för perioden 2004-2013. Särskilt i södra Sverige där temperaturen var ca 4 grader högre än normalvärdet för 1961-1990.

När årets (2014) julimånad inkluderas sticker den ut som en ovanligt varm månad, särskilt i fjälltrakterna med ca + 6 grader varmare än månadsmedelvärdet för 1961-1990. Julitemperaturerna i södra Sverige är i paritet med år 2006.

3.5 Extremtemperaturer

De flesta rekord för högsta temperaturer härrör från stationer i sydöstra Sverige (tabell 1). De högsta temperaturerna under vintern uppträder vid kraftig inströmning av varm luft från Atlanten, dvs. i samband med västlig eller sydvästlig vind. Sommarmånadernas rekord härrör däremot från situationer då varm luft från söder eller sydost når landet i samband med omfattande högtryck över östra Europa.

De allra högsta temperaturerna som uppmätts i Sverige är 38°C, dels i Målilla juni 1947, dels i Ultuna juli 1933. Målilla ligger i östra Småland där det ofta är varmast i landet.

Sveriges högsta månadsmedeltemperatur, 21,8°C, uppmättes i juli 1914 i Linköping, Östergötland och i juli 1901 i Karlstad, Värmland.

Tabell 1. Högsta uppmätta temperatur i Sverige. Källa: www.smhi.se

Månad	Temperatur	Plats	Datum
Januari	12,4°	Allgunnen	1973-01-05
Februari	16,5°	Västervik Ölvingstorp	1961-02-18 1961-02-18
Mars	22,2°	Oskarshamn Sandbäckshult	1968-03-30 1968-03-30
April	29,0°	Genevad	1993-04-27
Maj	32,5°*	Kristianstad Kalmar	1892-05-27 1892-05-28
Juni	38,0°	Målilla	1947-06-29
Juli	38,0°*	Ultuna	1933-07-09
Augusti	36,8°	Holma	1975-08-09
September	29,1°	Stehag	1975-09-01
Oktober	24,5°	Oskarshamn	1995-10-09
November	18,4°	Ugerup	1968-11-02
December	13,7°	Simrishamn	1977-12-24

* Avläst på en halv grad när.

Vad gäller låga temperaturer hopar sig rekorden för höst, vinter och vår till norra Norrland men för högsommaren till Härjedalen (tabell 2). Orsaken är att nätterna under sommaren är så korta i norra Norrland att temperaturen inte hinner sjunka till extrema värden innan solen åter börjar värma. Köldrekorden har noterats i samband med att kall luft strömmar in över landet från norr eller nordost, varefter vinden mojnät och avkylningen fortsatt genom utstrålning.

Det absoluta köldrekordet för Sverige, -52,6°, uppmättes den 2 februari 1966 i Vuoggatjålme, i den lappländska fjällvärlden. Sveriges lägsta månadsmedeltemperatur, -27,2°C, noterades i februari 1985 i Vittangi i Lappland.

Värmerekordens geografiska variationer är betydligt mindre än köldrekordens. Inom bebodda delar av landet skiljer sig de absoluta maximivärdena med bara ca 5 grader, medan skillnaderna är ca 25 grader mellan köldrekorden längs väst- och sydkusten å ena sidan och i delar av Lappland å den andra.

De lokala skillnaderna är också betydligt större när det gäller minimitemperaturen än när det gäller maximitemperaturen. Det kan i extrema fall vintertid skilja 10, kanske 20 grader mellan kalla svackor i terrängen och närbelägna varmare höjder vid tillfällena med kallt väder.

Stationer som ligger i dalgångar, exempelvis Målilla och Nikkaluokta, kan ibland vara kallast i landet och andra gånger varmest. Det beror på att under sommardagar är de varmare än omgivande höjder. Temperaturen avtar med cirka 0,7 grader per 100 meter i höjddled. Under klara och vindstilla nätter ligger ofta den kallaste luften närmast marken och då kall luft är tyngre än varm "rinner" extra mycket kall luft ner i sänkor.

Det är ovanligt att en svensk väderstation rapporterar den högsta temperaturen i Europa, men det kan inträffa någon gång varje år. Den 10 juni 2007 var Kolmården-Strömsfors i Östergötland varmest i Europa med 32,4° och på pingstdagen 2008 var Oskarshamn i Småland med 28° varmest bland samtliga drygt 2500 regelbundet rapporterade väderstationer i Europa.

Tabell 2. Lägsta uppmätta temperatur i Sverige. Källa: www.smhi.se

Månad	Temperatur	Plats	Datum
Januari	-49,0°	Karesuando	1999-01-27
	-49,0°	Vuoggatjälme	1951-01-01
Februari	-52,6°	Vuoggatjälme	1966-02-02
Mars	-45,8°	Vuoggatjälme	1971-03-04
April	-36,5°*	Karesuando	1916-04-06
Maj	-24,1°	Fjällnäs	1981-05-03
	-12,9°**	Vassitjåkko	1907-06-02
	-9,8°	Vassijaure***	1907-06-02
Juli	-5,0°*	Funäsdalen	1893-07-14
	-5,0°*	Funäsdalen	1888-07-22
Augusti	-8,5°	Nikkaluokta	1959-08-31
September	-15,2°	Brännberg	1939-09-29
Oktober	-31,5°	Myrheden	1968-10-28
November	-43,0°*	Vittangi	1890-11-24–26
December	-48,9°****	Hemavan	1978-12-30

* Avläst på en halv grad när. ** Rekord för högfjällsstationer. Stationen var belägen 1370 meter över havet.

*** Nuvarande Katterjåkk. **** -53° uppmättes i Malgovik (Vilhelmina), Lappland 13/12 1941 på en privat termometer som i efterhand kontrollerades vid SMHI.

3.6 Länsanalyser

Av Sveriges 21 län togs under perioden 2008-2013 fram klimatanalyser för 18 län, på beställning av respektive länsstyrelse. I tabell 3 finns en sammanställning av data över temperatur och nederbörd för respektive län. För samtliga har normalperioden 1961-1990 använts och jämförs med olika perioder därefter beroende på när klimatanalyserna gjordes. I vissa fall finns endast uppgifter om normalperioden. På www.klimatanpassning.se finns en lista med länkar till rapporterna (Vem har ansvar>Länsvisa klimat- och sårbarhetsanalyser).

Av tabellen framgår att temperaturökningen för de olika länen varierar något men rör sig om ca 1°C. Årsmedelnederbörden har ökat, tydligast för Västra Götalands, Kronobergs och Jönköpings län.

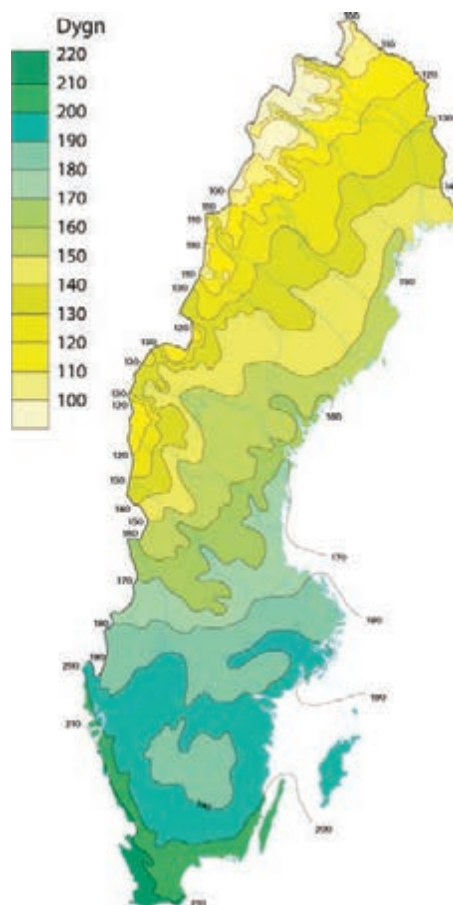
Tabell 3. Sammanställning av data från klimatanalyser för olika län. Årsmedeltemperatur i °C och årsmedelnederbörd i mm. Inom parentes anges också den procentuella förändringen i årsmedelnederbörd för gällande tidsperiod i relation till perioden 1961-1990.

Län	Årsmedeltemperatur (°C)				Årsmedelnederbörd (mm) (δ%)			
	61-90	91-08	91-10	91-12	61-90	91-08	91-10	91-12
Norrbottn	-1.5	-0.5			661	729 (10.3)		
Västerbotten	0.3				740			
Västernorrland	1.9	2.9			659	716 (8.6)		
Jämtland	1.0			1.9	745			801 (7.5)
Gävleborg	3.4	4.4			677	698 (3.1)		
Dalarna	2.5			3.5	733			775 (5.7)
Värmland	4.4			5.3	764			822 (7.6)
Västmanland	5.3		6.2		650		683 (5.1)	
Uppsala	5.0		6.0		585		596 (1.9)	
Örebro	5.0				740			
Stockholm	5.8	6.9			612	628 (2.6)		
Södermanland	5.8				602			
Östergötland	6.0	6.9			615	623 (1.3)		
Västra Götaland	6.1	7.0			794	894 (12.6)		
Jönköping	5.6		6.4		741		821 (10.8)	
Kronoberg	6.1	7.0			753	835 (10.9)		
Skåne	7.2		8.0		747		805 (7.8)	
Blekinge	6.8		7.6		680		735 (8.1)	

4 Vegetationsperiod

4.1 Vegetationsperiodens längd från 1960

Vegetationsperioden brukar definieras som den del av året då dygnsmedeltemperaturen överstiger ett viss gränsvärde. Temperaturgränsen är beroende på växtslag, men oftast lägger man gränsen mellan +3°C och +5°C. Här används gränsen +5°C, vilket med andra ord innebär att vegetationsperioden startar halvvägs in på våren och avslutas halvvägs in på hösten (figur 15).



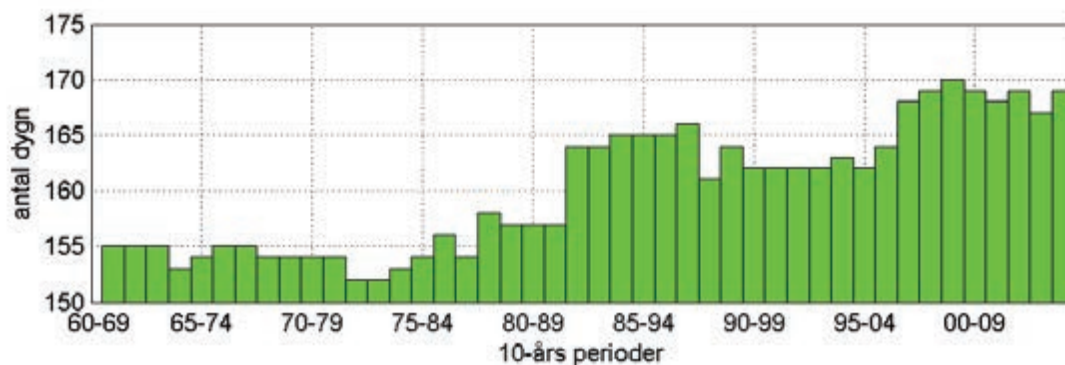
Figur 15. Vegetationsperiodens längd i genomsnittligt antal dygn med medeltemperatur över +5 °C för 1961-1990

För att följa klimatets utveckling har SMHI tagit fram ett antal klimatindikatorer varav vegetationsperiodens längd är en. För ett enskilt år med stora temperatursvängningar från dag till dag, kan det vara mycket svårt att ange en exakt tidpunkt när dygnsmedeltemperaturen varaktigt överstiger ett visst värde. Ett medelvärde av dygnsmedeltemperaturen över 10 år ger ett betydligt jämnare temperaturförlopp, vilket vi har utnyttjat för denna klimatindikator. Den första stapeln i diagrammen visar vidare fram till perioden 2004-2013 (figur 16-17).

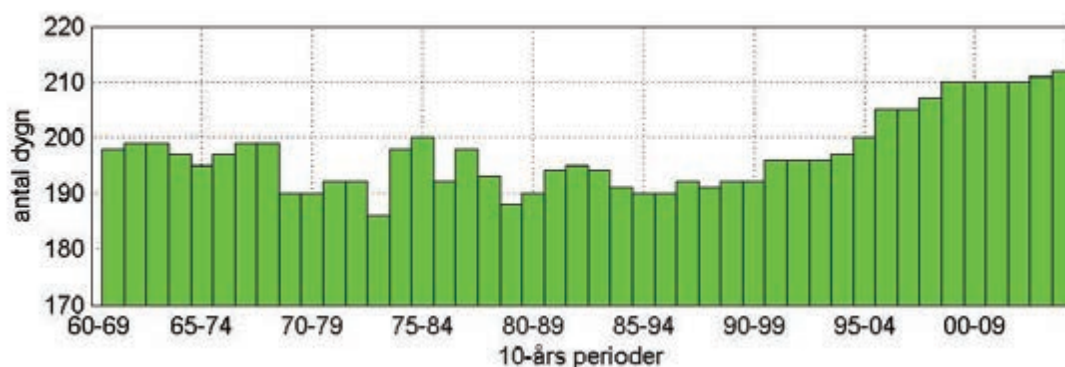
Diagrammen för södra Sverige baserar sig på 20 stationer i Götaland och södra Svealand. Diagrammen för norra Sverige baserar sig på 16 stationer i norra Svealand och i Norrland (tabell 4). Fjällstationer ingår inte eftersom de inte anses relevanta för vegetationsperioden. Dagliga stationsdata från 1961 och framåt används i detta fall för att bestämma vegetationsperioden.

Tabell 4. Stationer som används för att beräkna vegetationsperiodens längd i Sverige

Södra Sverige	Norra Sverige
Lund, Helsingborg, Växjö, Bredåkra, Ölands södra udde, Ölands norra udde, Varberg, Borås, Hagshult, Visby, Måseskär, Såtenäs, Karlsborg, Malexander, Malmslätt, Landsort, Arvika, Uppsala, Stockholm och Gustavsfors.	Malung, Mora, Gävle, Edsbyn, Delsbo, Sveg, Sundsvall-Härnösands flp, Härnösand, Frösön, Umeå, Gunnarn, Bjuröklubb, Piteå, Luleå, Haparanda och Pajala.



Figur 16. Vegetationsperiodens längd för norra Sverige

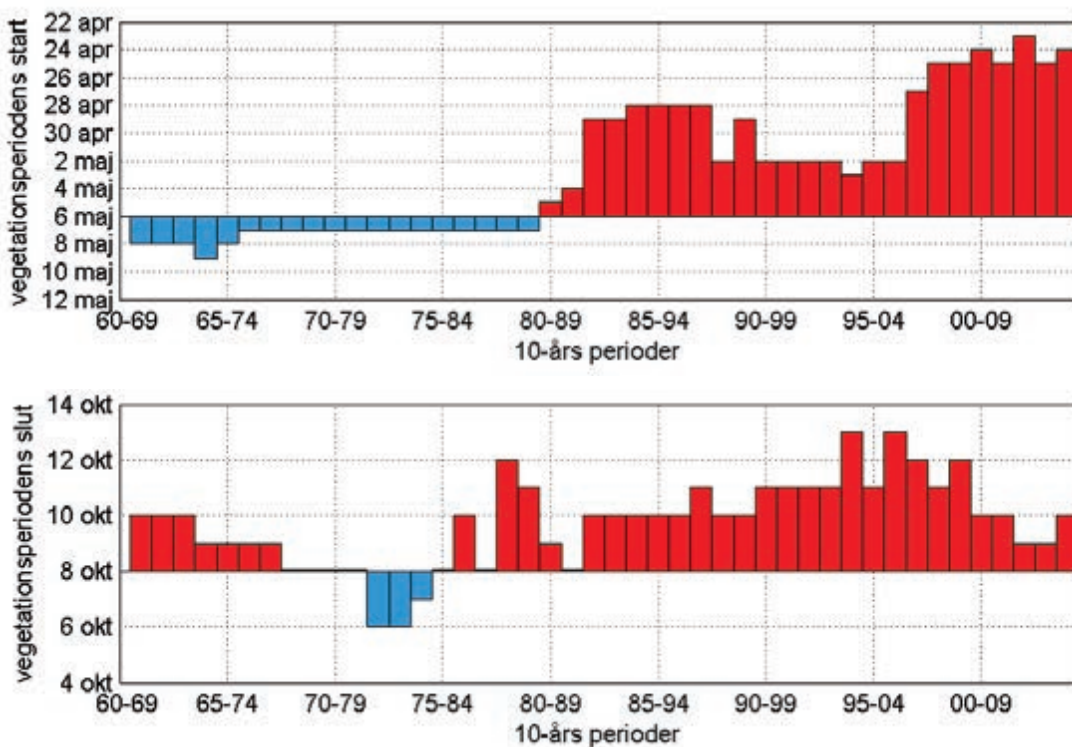


Figur 17. Vegetationsperiodens längd för södra Sverige.

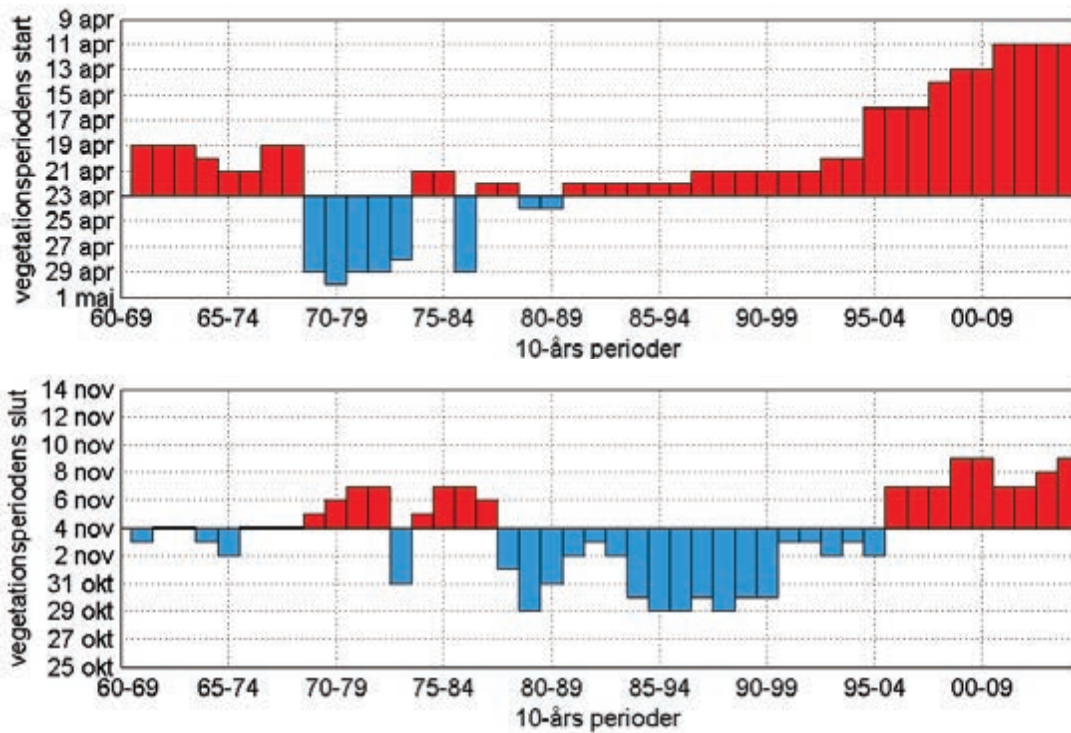
I norra Sverige har vegetationsperiodens längd ökat med ungefär två veckor under de senaste 40 åren. Även i södra Sverige har längden av vegetationsperioden ökat, men inte lika mycket. I södra Sverige är ökningen dessutom i huvudsak koncentrerad till det senaste årtiondet.

4.2 Vegetationsperiodens start- och sluttidpunkt

I figur 18 och 19 visas löpande 10-års medelvärden av vegetationsperiodens start- respektive sluttidpunkt. Röda och blåa staplar avser en tidigare respektive senare start-/sluttidpunkt än det genomsnittliga startdatumet för perioden 1961-1990. Det är framförallt en tidigare start på vegetationsperioden som kan ses både för norra och södra Sverige. Eftersom definitionen av vegetationsperioden enbart utgår från temperatur speglar detta att det varit varmare, speciellt på våren.



Figur 18. Vegetationsperiodens starttidpunkt (överst) och sluttidpunkt (nederst) för norra Sverige.



Figur 19. Vegetationsperiodens starttidpunkt (överst) och sluttidpunkt (nederst) för södra Sverige.

5 Nederbörd

Det finns flera faktorer som bidrar till att vissa delar av Sverige får mer nederbörd än andra. När vinden blåser in mot höga berg tvingas den uppåt med avkylning, kondensation och nederbörd som följd. De västra fjälltrakterna får därför normalt de största nederbördsmängderna i Sverige eftersom det oftast blåser västliga vindar. I Sarek- och Sulitelmafjällen faller omkring 2000 mm per år. Dessa värden bygger i viss mån på indirekta mätningar och uppskattningar, eftersom det inte finns några direkta nederbördsdata från dessa områden.

Västsidan av Sydsvenska höglandet uppvisar ett nederbördsmaximum i södra Sverige. Det finns också ett nederbördsmaximum 1-2 mil innanför Norrlandskusten. I havsbandet är det som regel mindre årsnederbörd än i inlandet. Påtagligast är skillnaden under sommaren. Det beror på att solen värmer upp markytan mer än havsytan, vilket leder till att luften över land stiger uppåt och därmed avkyls, vilket kan medföra eftermiddagsskurar.

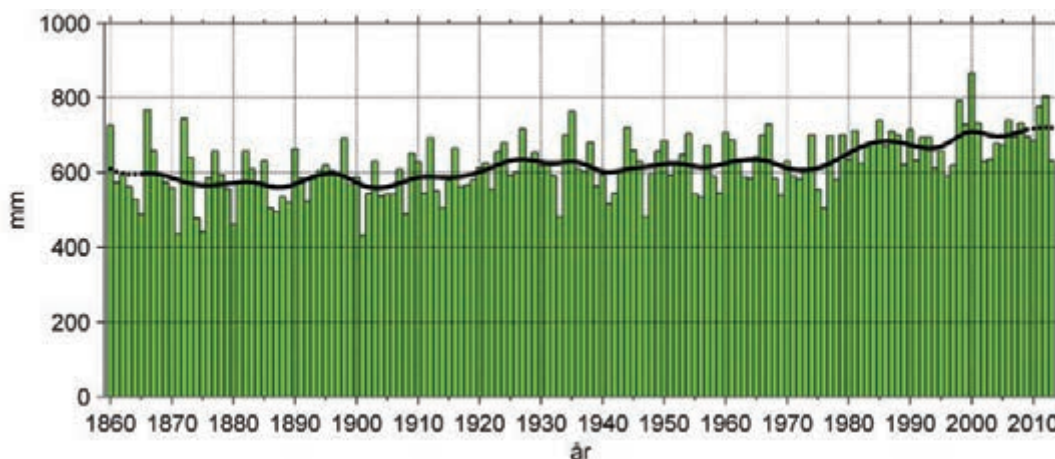
Att det regnar mycket på sommaren beror på att det kan finnas mer vattenånga tillgänglig vid högre temperaturer. Att det framförallt är i inlandet som sommarnederbörden är stor beror på att den till stor del faller som skurar.

Äldre nederbördsdata är mer osäkra än de som samlas in idag. På grund av förändringar i nederbördsdata, såsom införande av vindskydd samt flyttning från öppna till mer vindskyddade platser, vilka införts stegvis från slutet av 1800, är nederbördsdata mer osäkra ju äldre de är. Generellt är felet och osäkerheten störst vintertid medan osäkerheten och effekten av stegvisa förändringar är minst sommartid

5.1 Sveriges årsnederbörd i perspektiv

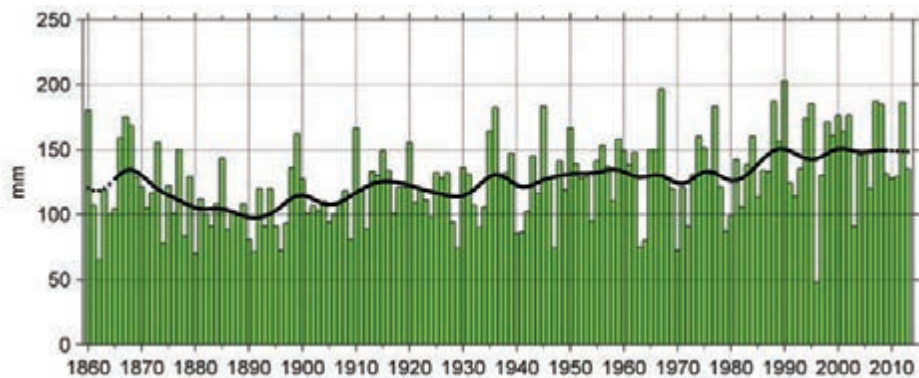
Klimatindikatorn för nederbörd är baserad på mätningar vid 87 stationer sedan år 1860 (figur 20). Beroende på avsaknaden av stationer i de nederbördsrikaste delarna av fjällen ligger värdena något lägre än ett för landet rättvisande medelvärde.

Utifrån de utjämnade värdena ser man att nederbörden var lägre än 600 mm fram till omkring 1920. Under perioden 1920 fram till ungefär 1980 låg nederbörden kring 600 mm. Därefter har nederbörden ökat. Det är numera sällsynt med värden under 600 mm.

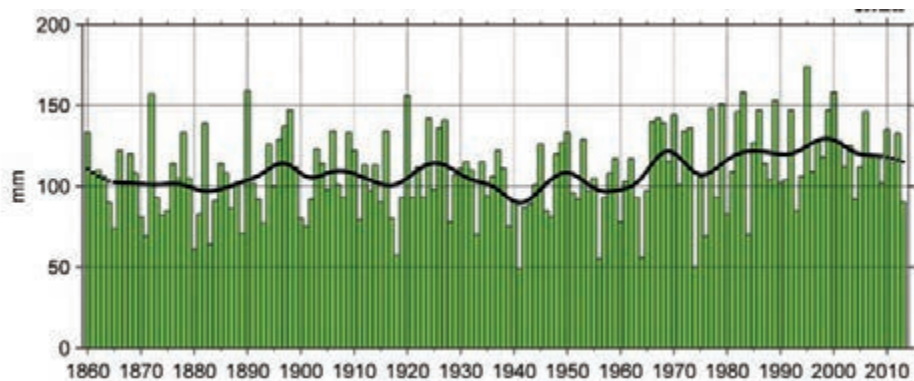


Figur 20. Årsmedelnederbörd för Sverige för 87 stationer från år 1860. Den svarta kurvan visar ungefär ett tio-årigt löpande medelvärde. En viss ökning kan skönjas.

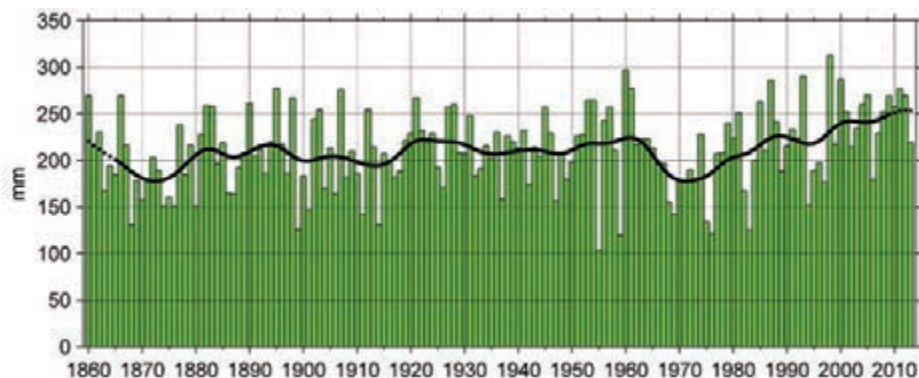
De största nederbördsmängderna kommer som regel under sommaren och de lägsta under våren. I figur 21-24 visas 3-månaders medelnederbörd för respektive år. En ökad nederbörd under de senaste 30 åren ses tydligast för sommaren, från ett torrt 1970-tal.



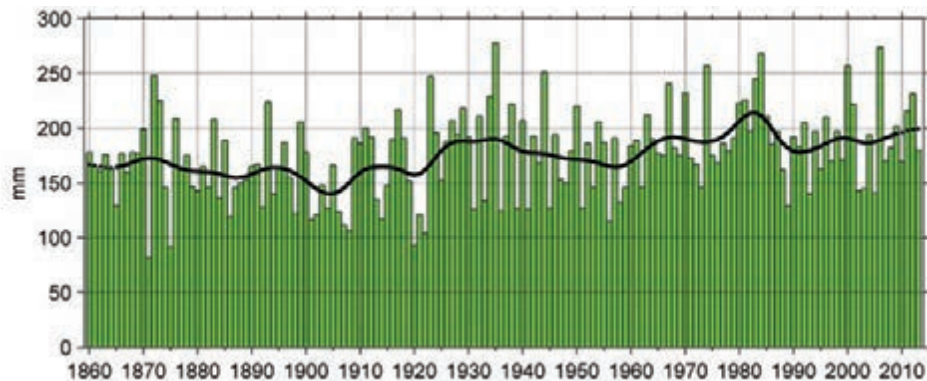
Figur 21. Medelnederbörd under vintern (december, januari och februari).



Figur 22. Medelnederbörd under våren (mars, april och maj).



Figur 23. Medelnederbörd under sommaren (juni, juli och augusti).

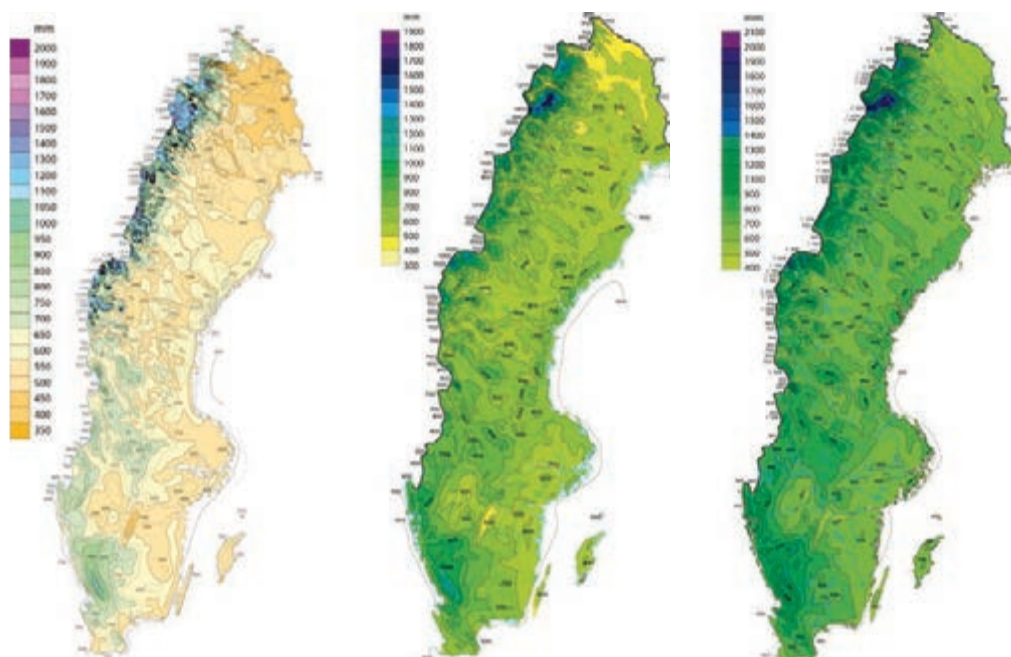


Figur 24. Medelnederbörd under hösten (september, oktober och november).

5.2 Normalperioder

Liksom för temperaturen används perioden 1961-1990 som den senaste referensperioden (figur 25). För jämförelse visas även perioden 1931-1960. Nederbördsmönstret över landet stämmer väl överens för de två perioderna.

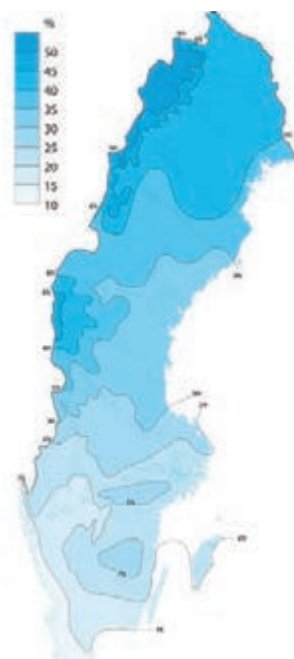
De uppmätta värdena är lägre än den egentliga nederbörden. Det finns olika källor till detta, men den primära orsaken är vindförlusterna, dvs. att all nederbörd inte faller i mätaren utan blåser förbi. I figur 25 visas för 1961-1990 dels en karta baserad på direkta mätvärden och dels en karta där värdena korrigerats för att erhålla en mer verklighetsnära beskrivning.



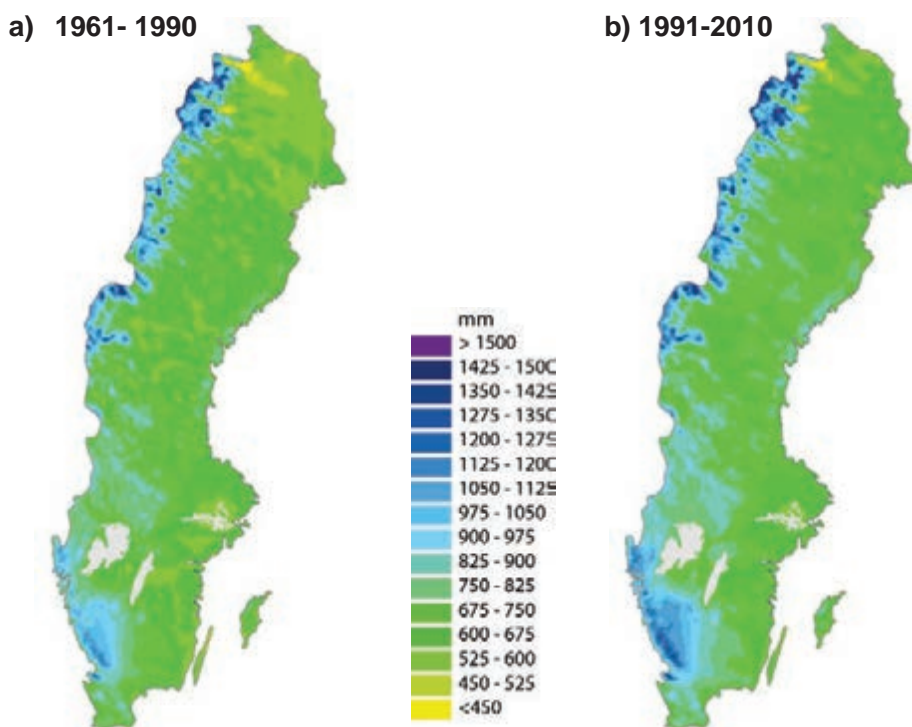
Figur 25. Årsnederbörd för normalperioden 1931-1960 (vänster) och uppmätt 1961-1990 (mitten) samt uppmätt korrigerad (höger) 1961-1990. Med korrigerad avses att de uppmätta värdena korrigerats för mätförluster. Källa: www.smhi.se

Sverige är ett avlångt land med stora variationer i temperatur, vilket avspeglar sig i snötäckets utbredning. På höglandet kan den första snön falla redan i september och ligga kvar ända tills början av juni, medan de sydligaste delarna av landet ibland bara har ett fåtal dagar med snö under vintern. I fjälltrakterna finner vi också den största andelen snö av årsnederbörden och den lägsta andelen snö återfinns i de sydvästliga delarna av landet (figur 26).

I figur 27 visas medelnederbörden för perioderna 1961-1990 och 1991-2010 baserat på data från den s.k. PTHBV-databasen som innehåller rikstäckande interpolerade värden med upplösning 4km×4km, baserat på korrigerade mätdata från SMHIs meteorologiska stationer. Nederbördsmönstret är likartat i kartorna men den ökade nederbörden för den senare perioden ses speciellt för de sydvästliga delarna av landet. I sammanställningen av data från klimatanalyser för olika län (tabell 3) framgår också att årsmedelnederbörden ökat, särskilt för Västra Götaland, Kronobergs och Jönköpings län (obs Hallands län ingick inte).



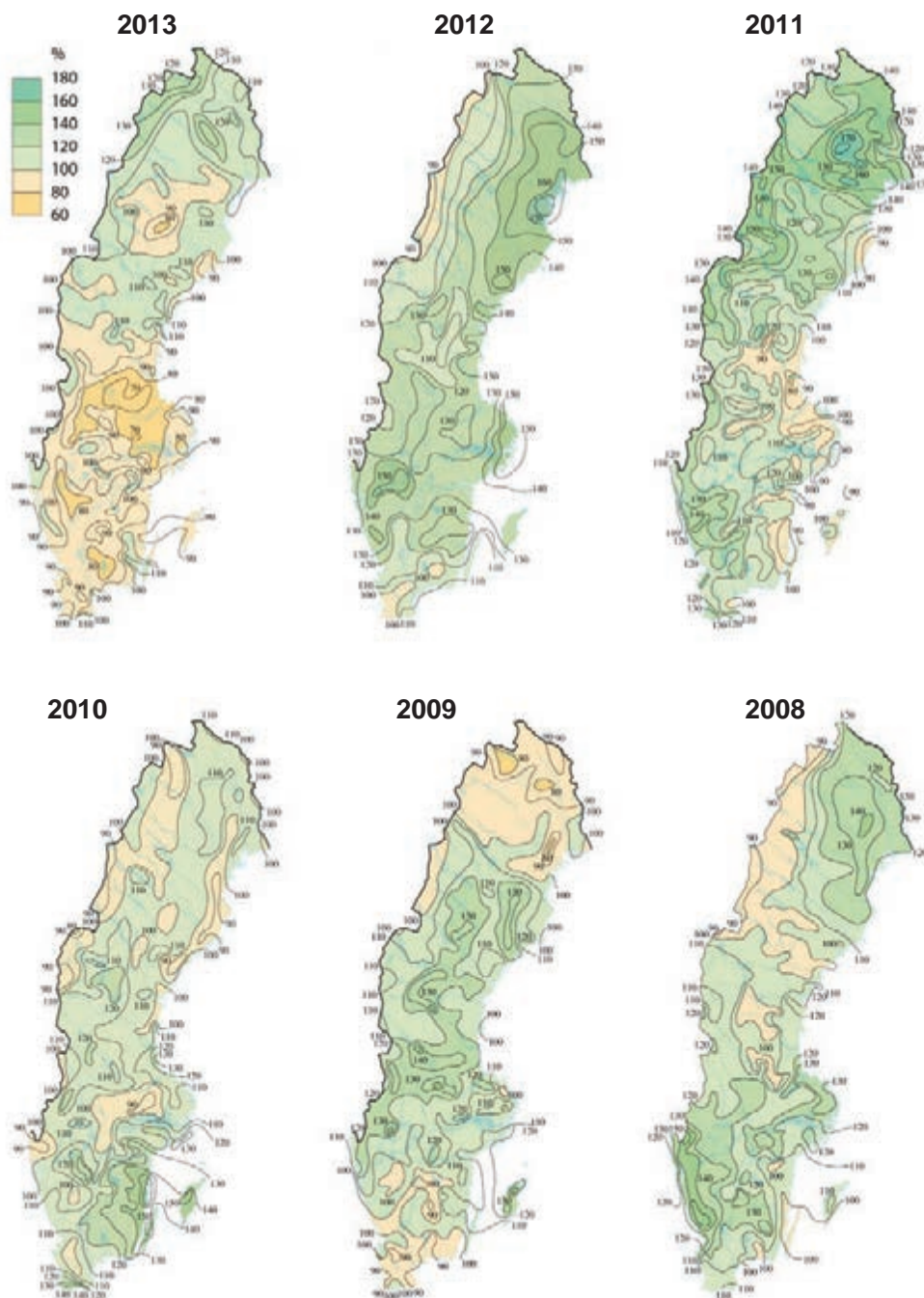
Figur 26. Andel snö av årsnederbörden, medelvärde för 1961-1990.
Källa: www.smhi.se.



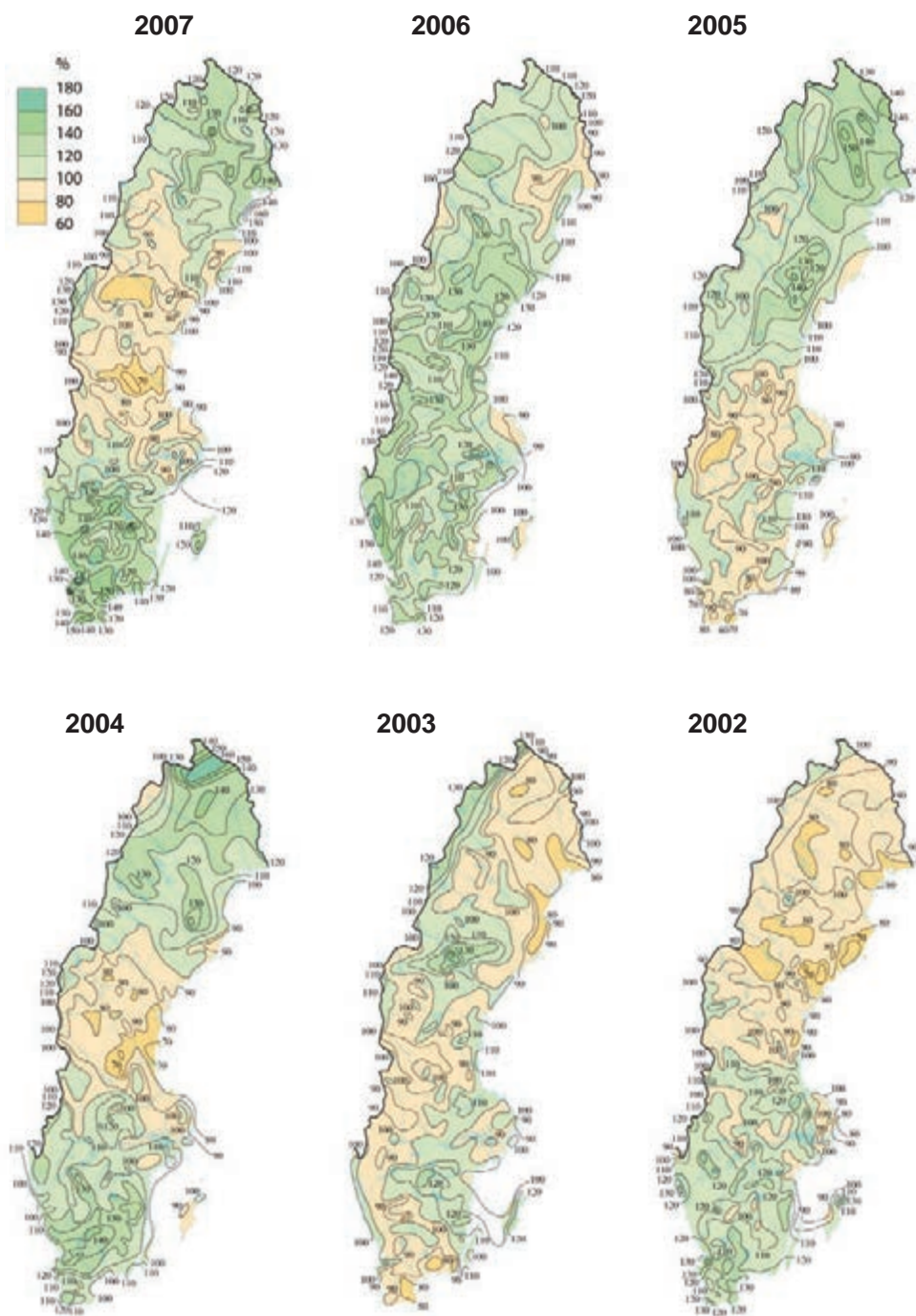
Figur 27. Årsmedelnederbörd 1961-1990 (a) respektive 1991-2010 (b). Konstruerad utifrån data från PTHBV-databasen, som innehåller rikstäckande interpolerade värden med upplösning 4km×4km, baserad på korrigerade mätdata från SMHIs meteorologiska stationer. Källa: SMHI

5.3 Årsnederbördens avvikelse från 1961-1990

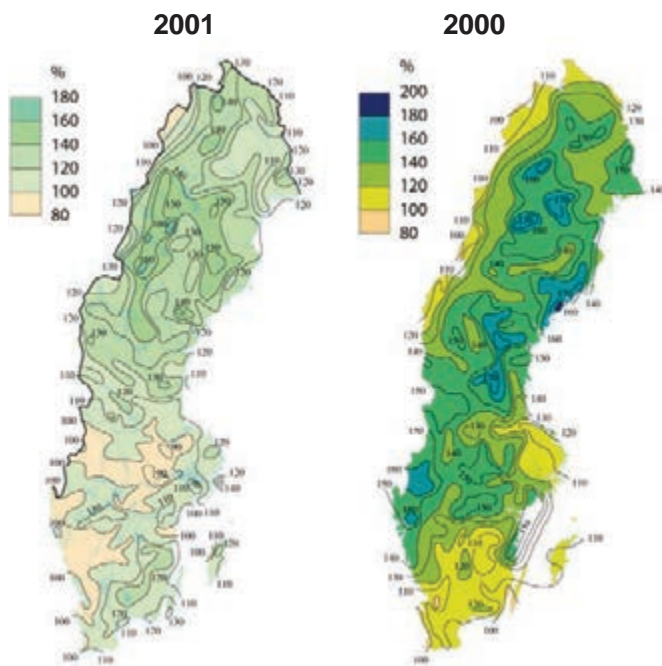
Kartorna nedan visar respektive års nederbörd i procent av den s.k. normala dvs. medelvärdet för perioden 1961-1990, från år 2000 och t.o.m. 2013. Analysen bygger på observationer från cirka 600 stationer som rapporterar in nederbördsdata varje dag.



Figur 28a. Årsnederbörd 2008-2013 uttryckt som procent i jämförelse med medelvärdet för perioden 1961-1990. Baserad på uppmätta icke korregerade värden.
Källa: www.smhi.se



Figur 28b. Årsnederbörd 2002-2007 uttryckt som procent i jämförelse med medelvärdet för perioden 1961-1990. Baserad på uppmätta icke korrigerade värden. Källa: www.smhi.se.



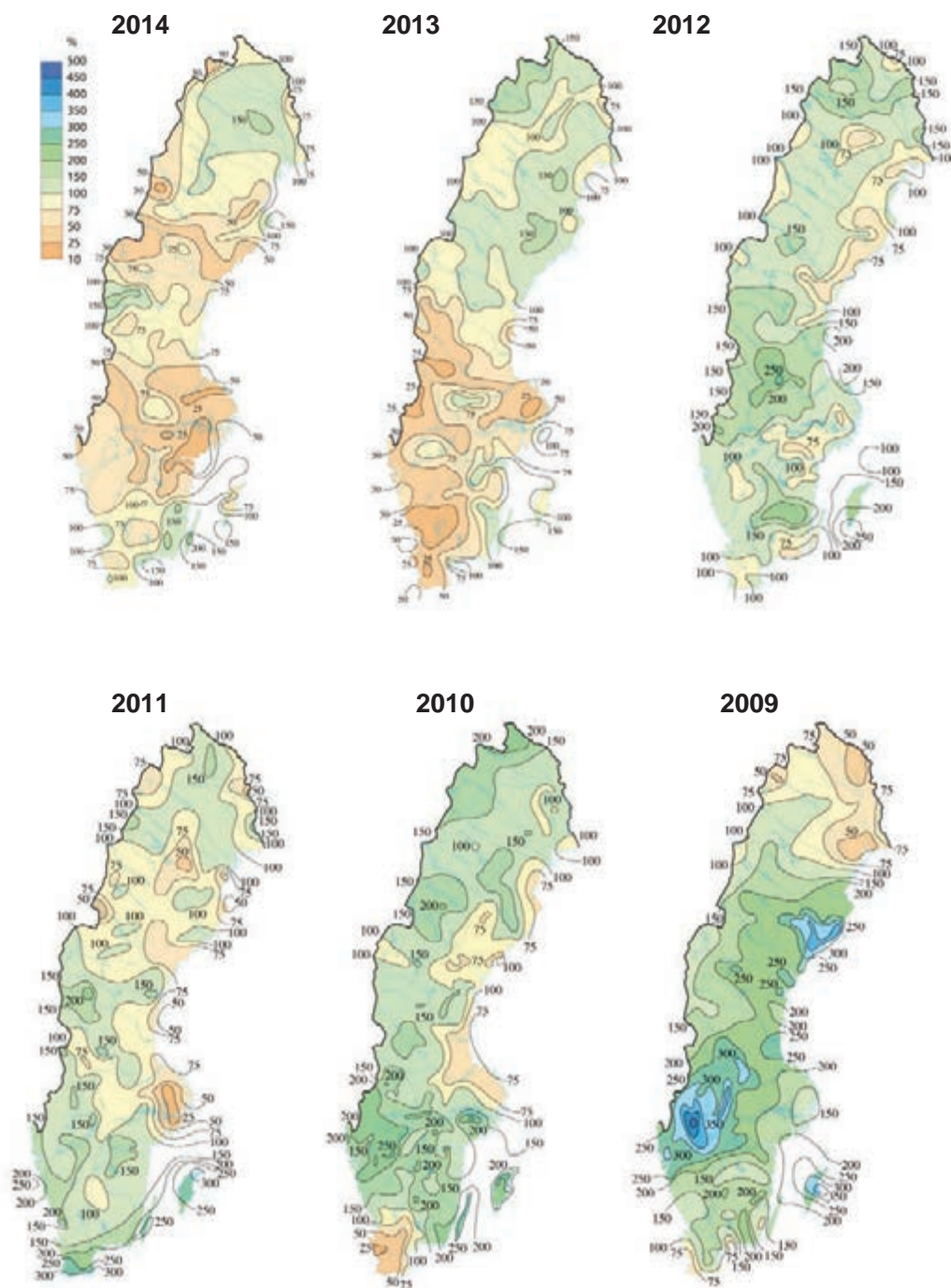
Figur 28c. Årsnederbörd 2000-2001 uttryckt som procent i jämförelse med medelvärdet för perioden 1961-1990. Baserad på uppmätta icke korrigerade värden.
Källa: www.smhi.se

För de flesta år under perioden 2000-2013 har årsnederbörden legat över medelårsnederbörden 1961-1990 för större delen av landet. Variationen mellan år är dock stor. Så var t.ex. år 2002 torrare i norra delen av landet och södra delen av landet blötare än normalperioden. År 2013 var förhållandena de motsatta.

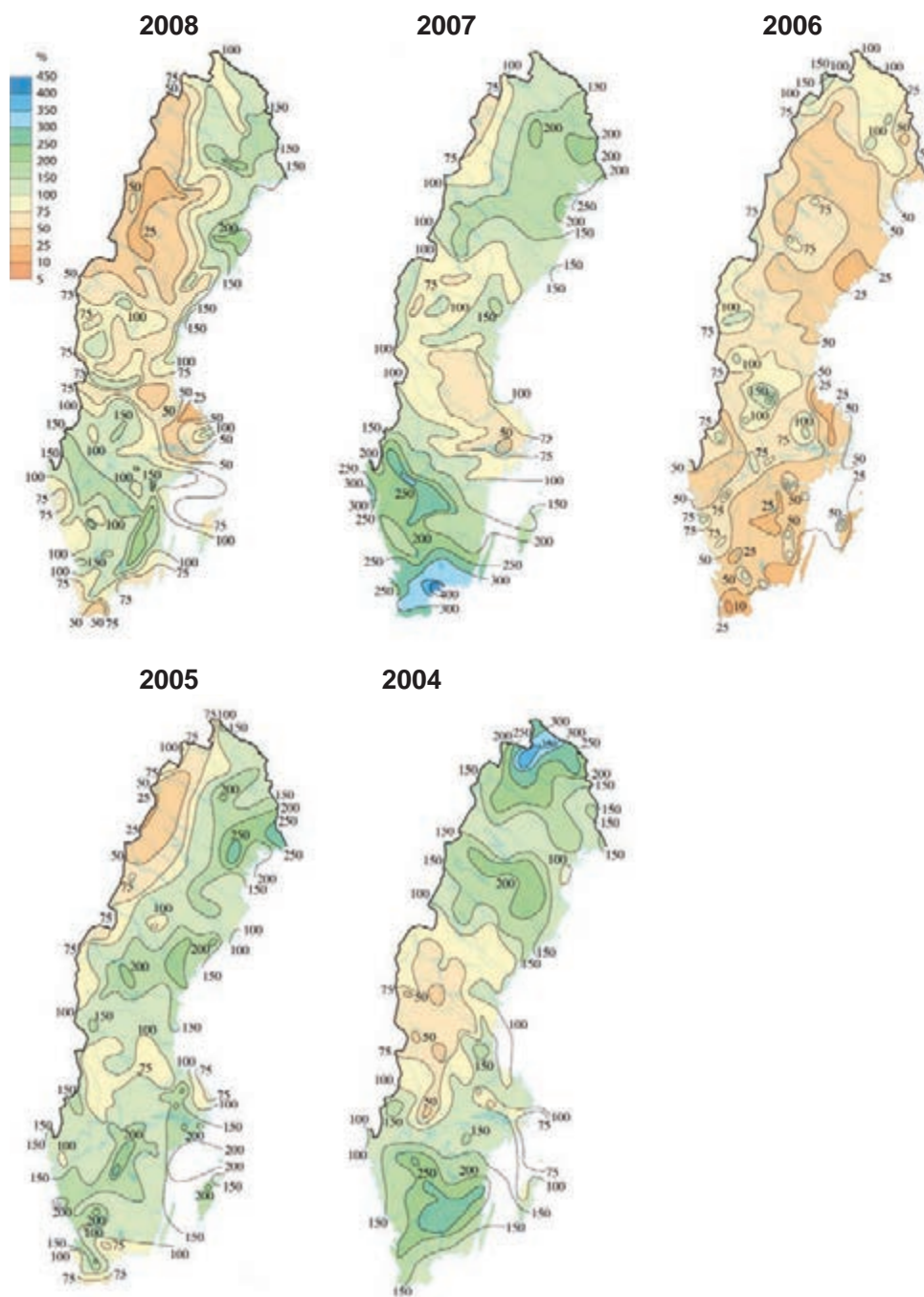
5.4 Månadsnederbördens avvikelse från 1961-1990

Den vanligen nederbördsrika månaden juli har här valts att representera variationer mellan år för månadsnederbörd (figur 29). Variationen mellan år och över landet är stor. Juli 2009 sticker ut som en mycket blöt månad t.ex. för området kring Vänern men för de nordligaste delarna av landet var månaden torr. Juli 2007 var mycket blöt för de allra sydligaste delarna av landet. För juli 2006 är bilden mer enhetligt torr i hela landet.

Kartorna nedan visar månadsnederbörden i procent av månadens s.k. normala nederbörd (medelvärdet 1961-1990) för juli år 2004 -2014. Analysen bygger på observationer från drygt 300 stationer som rapporterar in nederbördsräkningar varje dag.



Figur 29a. Juli månadsnederbörd 2009-2014 uttryckt som procent i jämförelse med juli månadsmedelvärde för perioden 1961-1990. Baserad på uppmätta icke korrekterade värden. Källa: www.smhi.se



Figur 29b. Juli månadsnederbörd 2004-2008 uttryckt som procent i jämförelse med juli månadsmedelvärde för perioden 1961-1990. Baserad på uppmätta icke korrigerade värden. Källa: www.smhi.se

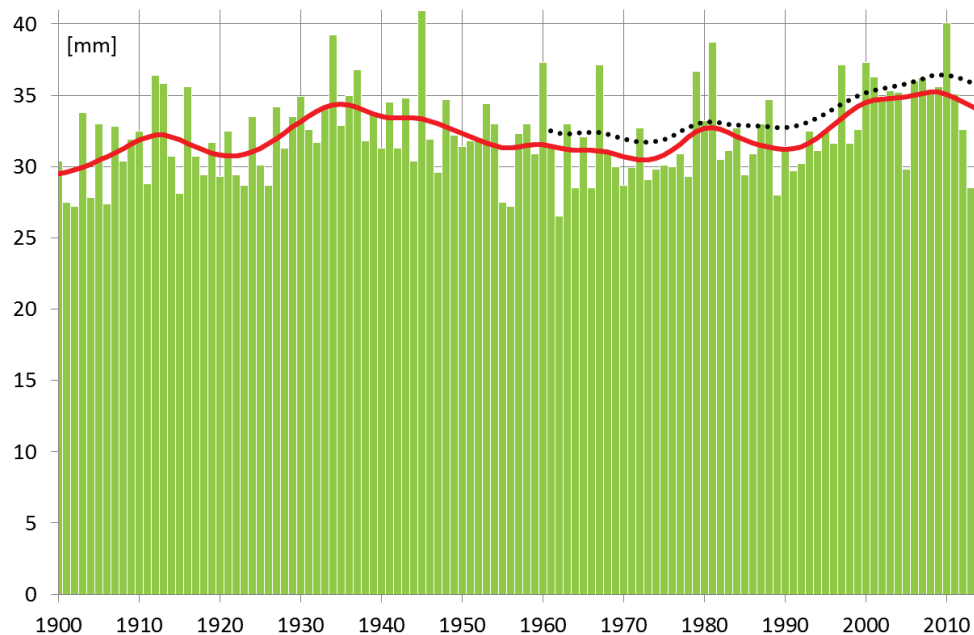
6 Extrem nederbörd

Hur mycket måste det regna för att det ska upplevas som extremt? SMHIs definition av skyfall är minst 50 mm på en timme eller minst 1 mm på en minut. Men om det är extremt beror också på hur nederbörden utvecklas över tiden och hur stort område den berör. De enskilda fallen av extrem nederbörd kan alltså se väldigt olika ut. För att kunna presentera statistik över lång tid och få en bild av hur den extrema nederbörden har varierat används observationer. Det har dock betydelse hur dessa görs.

Flertalet mätningar av nederbörd utförs en gång per dygn. I praktiken genom att tömma en kanna på den nederbörd som fallit sedan föregående tömning. Denna dygnsnederbörd från kl. 7 till kl. 7 (svensk normaltids) nästa morgon har bearbetats för ett urval av stationer vars data finns digitaliserade sedan år 1900. Ett viktigt krav för urvalet är att stationerna ska ha mätt på samma plats eller nästintill samma plats hela perioden. Bearbetningar för perioden 1900-2013 respektive 1961-2013 har gjorts för medelvärden av årets största dygnsnederbörd, antal observationer med dygnsnederbörd på minst 40 mm samt årets största dygnsnederbörd i Sverige.

6.1 Extrem dygnsnederbörd

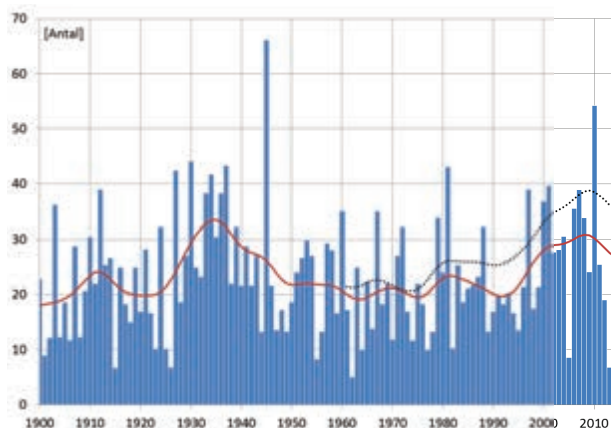
Extrem nederbörd har generellt sett ökat i Sverige från 1900 fram till 1930-talet, därefter blev det en minskning till 1970-talet för att sedan öka fram till idag. Det är mer extrem nederbörd idag än på 1930-talet. Figur 30 visar årets i genomsnitt största mängd nederbörd under ett dygn för 60 av SMHIs väderstationer som varit i drift under perioden. Dessa 60 stationer är relativt jämt fördelade över landet.



Figur 30. Medelvärdet av årets största 1-dygnsnederbörd (staplar) som bygger på 60 utvalda stationer 1901-2013. Röd kurva visar en utjämnad kurva av staplarna. Prickad svart kurva visar en utjämnad kurva av samtliga stationer som varit i drift under året. Källa: www.smhi.se (klimatindikator).

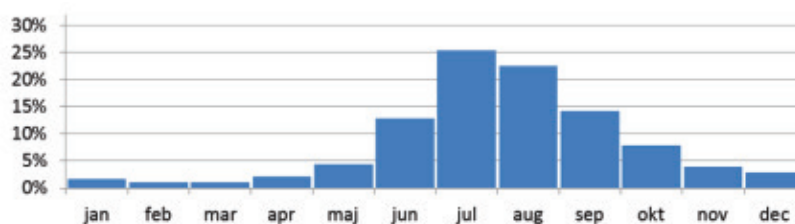
I figur 31 visas antal fall per år då dygnsnederbörden varit minst 40 mm på de utvalda 60 stationerna. Många fall med minst 40 mm inträffade under 1930-talet men allra flest fall inträffade under 1945 då exempelvis Härnösand drabbades av 5 dygn med minst 40 mm

och Ljungby med 3 dygn. Det var en anhopning av många fall med minst 40 mm under 1930-talet, 1945 och under 2000-talet. Toppen under 1930-talet är ungefär lika höga som idag.



Figur 31. Antal observationer med dygnsnederbörd på minst 40 mm per år som bygger på 60 utvalda stationer 1901-2013. Röd kurva visar en utjämnad kurva av staplarna. Prickad svart kurva visar en utjämnad kurva av samtliga stationer som varit i drift under året. Källa: www.smhi.se (klimatindikator)

Det är vanligast att årets största nederbörsmängd i Sverige under ett dygn faller under juli följt av augusti. Minst vanligt är att den största mängden faller under februari eller mars (figur 32).



Figur 32. Andelen fall per månad (%) då årets största 1-dygnsnederbörd inträffat i Sverige under perioden 1961 – 2011. Källa: Wern, 2012

De största mängderna under ett dygn faller vanligen längs södra norrlandskusten, i fjällen eller i de västra delarna av det sydsvenska höglandet. Det senare området sammanfaller med det område som i genomsnitt får mest nederbörd i Sverige under ett helt år. De allra största nederbörsmängderna under ett dygn, som kommer en gång vart hundra år, drabbar ofta den södra norrlandskusten.

Nederbördstillfällena då minst 90 mm uppmätts under ett dygn har analyserats för 1961-2014. Figur 33 visar alla SMHIs väderstationer, från år 1961 t.o.m. 2014-09-23, där minst 90 mm uppmätts under ett dygn, totalt 144 stationer. Totalt 157 fall har registrerats. Svarta prickar visar vilka stationer som mätt minst 90 mm under ett dygn en gång medan gulröda prickar visar stationer som mätt minst 90 mm under ett dygn minst två gånger.

Dessa extrema nederbördstillfällena har alltså drabbat hela landet men de har varit vanligare längs Norrlandskusten, i Svealand, östra Götaland och i Skåne.

I de områden där årsnederbörden är som störst dvs. västra delarna av sydsvenska höglandet och fjälltrakterna, saknas anhopning av tillfällena med värsta skyfall. I dessa områden är det snarare ovanligt med 90 mm eller mer under ett dygn. Under år 2014 har

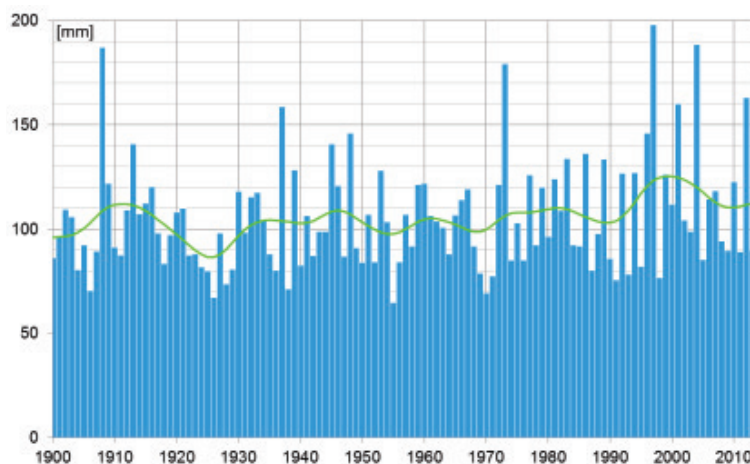
några fall tillkommit i detta område. I ett område från västkusten och kring Vänern, Vättern och Hjälmaren har SMHI mätt minst 90 mm enbart ett fåtal gånger.

Noterbart är att under 2014 har det hittills (september) lagts till fyra fall inom detta område där det enbart fanns tre fall tidigare. Kraftiga extremregn orsakas vanligen då lågtryck rör sig från Polen norrut och ger kraftiga regn i östra delarna. Dessa lågtryck är ofta svårprognosticerade och drabbar inte lika ofta västra Götaland som därmed vanligtvis inte får de riktigt stora skyfallen.



Figur 33. Stationer som mätt minst 90 mm (1961 – 2014-09-23) under ett dygn en gång (svarta prickar) och minst 90 mm under ett dygn minst två gånger (gulröda prickar). Källa: SMHI.

Figur 34 visar årets absoluta största dygnsnederbörd uppmätt vid någon av SMHIs stationer. De tre allra största mängderna under senare år härrör från Hinshult i Småland som fick 163 mm den 7 juli 2012, från Råda i Värmland med 188,6 mm den 4 augusti 2004 och från Fagerheden i Norrbotten som översköljdes med 198 mm den 28 juli 1997. Det sista värdet är den största mängden SMHI mätt under ett dygn.



Figur 34. Årets största dygnsnederbörd uppmätt vid någon av SMHIs stationer. Grön kurva visar en utjämnad kurva baserad på staplarna. Källa: Wern, 2012

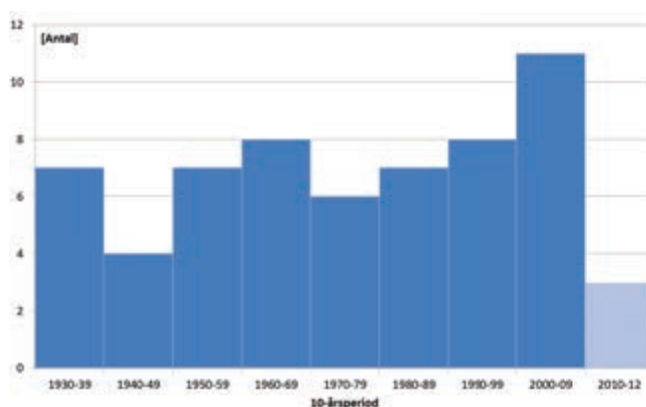
Större mängder nederbörd under 24 timmar än ovan nämnda har uppmätts utanför SMHIs stationer; 237 mm i Karlaby i Skåne den 6 augusti 1960 vid ett hydrologiskt projekt, samt 276 mm uppmätt av en privatperson på Fulufjället i Dalarna den 30-31 augusti 1997.

6.2 Extrem arealnederbörd

Klimatindikatorn extrem arealnederbörd visar antalet fall med minst 90 mm nederbörd över 1000 km² under 24 timmar sedan 1930-talet (figur 35). När så mycket som 90 mm faller på 24 timmar får man höga flöden i vattendrag med risk för ras och översvämningar i det utsatta området.

För att kartlägga tillfällena med extrem nederbörd på ett enhetligt och jämförbart sätt utgår man från nederbörden för två dygn (48 timmar) och tar sedan fram ett värde för den 24-timmarsperiod som har den största nederbördsmängden. Analyserna baseras enbart på observationer från SMHIs officiella stationer för att data ska vara jämförbara över tiden. Det innebär att det har funnits fall med extrem nederbörd som fallit mellan mätstationerna, som därmed inte finns med i klimatindikatorn.

Ett sådant fall inträffade den 30-31 augusti 1997 i Fulufjället. En specialstudie av detta fall gav ett värde på 172 mm, som alltså är högre än något av de fall som ingår i den officiella serien. Där är det högsta värdet 154 mm.



Figur 35. Varje stapel i diagrammet visar antalet fall per tioårsperiod sedan 1930 i Sverige med minst 90 mm nederbörd över 1000 km² under 24-timmar. Under den nuvarande 10-års perioden (2010-2019) har ett fall inträffat 2010, inget 2011, två under 2012 och inget 2013. Källa: www.smhi.se.

6.3 Svenska nederbördsrekord

Den högsta uppmätta årsnederbörden i Sverige är 1866 mm, som föll år 2008 i Mollsjönäs i Västergötland. Det gamla rekordet för årsnederbörd var 1725 mm i Baramossa i Halland och sattes så sent som år 2007. Rekordet dessförinnan var 1631 mm i Åstrilt i Halland år 1998, som inte var särskilt mycket högre än de knappa 1600 mm som uppmättes i Fröslida 1954.

Det svenska rekordet för största årsnederbörd har alltså slagits tre gånger de senaste decennierna. Detta är antagligen inte bara en följd av att nederbörden i Sverige visar en långsamt stigande trend, utan även en följd av att vi fått fler stationer i de allra nederbördsrikaste områdena i västra Götaland.

Årsrekorden är egentligen inte anmärkningsvärt höga med tanke på att medelvärdet av årsnederbörden i de nederbördsrikaste delarna av Lapplandsfjällen beräknas vara ca 2000

mm. I extrema fall torde årsnederbördsmängder på minst 2500 mm kunna förekomma där något enstaka år, då frekvensen av vindar från sektorn sydväst-nord är extremt hög.

Eftersom nederbördsintensitet och nederbördsmängd varierar kraftigt mellan närbelägna platser är sannolikheten för att upptäcka de mest extrema nederbördsmängderna beroende av hur tätt nätet av nederbördsstationer är. Antalet mätpunkter var ca 400 under perioden 1880-1900 och ökade därefter till ungefär 800 på 1940-talet. Fördelningen av mätstationer över Sverige har varit ojämn. I äldre tid var stationsnätet mycket glest i främst nordvästra Norrland. Eftersom det är svårt att mäta nederbörd i helt obebodda trakter innebär det att mätpunkter i hög terräng är underrepresenterade. Det är mycket få nederbördsstationer i Sverige som ligger högre än 600 meter över havet. Nederbördsmängden under en månad eller ett år stiger med 10-20 procent för var 100:e meter terrängen höjer sig. I högt belägen terräng inom de nederbördsrika västra fjälltrakterna har de officiella rekordvärdena därför säkert överskridits.

Under årets tre första månader plus december är det i de västligaste fjällen nära norska gränsen som de största dygnsnederbörderna har inrapporterats. I dessa fall är nederbörden ihållande under dygnet. Nederbörd faller som varmfrofrontsnederbörd i varmsektorn mellan varm- och kallfrontspassagerna och ofta även efter att kallfronten passerat. Stora dygnsnederbörd under perioden maj-november faller i samband med kraftiga, långvariga regnkuror oftast i samband med åska och ibland hagel. Men i några fall är även passerande lågtryck och fronter inblandade, och i regnområdena finns då insprängda åskceller.

6.4 Torka

Det finns många olika mått på torka och de varierar beroende på vilken tillämpning som avses. De allra flesta förknippar torka med perioder med så lite nederbörd att vattentillgången börjar bli otillräcklig för växtligheten i naturen och i odlingar.

Ett begrepp som är besläktat med torka är torrperiod, eller med andra ord en sammanhängande period med torra förhållanden t.ex. utan mätbar nederbörd. Torrperioder kan också relateras till perioder med låg vattenföring (se kap. 8.5) eller torra markförhållanden.

I ett internationellt perspektiv är Sverige förskonat från stora katastrofer till följd av extrem torka. Under torra år kan dock vattenbrist medföra stora problem lokalt och regionalt i landet.

Den längsta dokumenterade perioden utan nederbörd i Sverige är 65 dygn och inföll mellan den 22 mars och 25 maj 1974 i trakterna av Skövde. Ungskär i Blekinge hade en 60 dygn lång torrperiod från den 13 maj till 11 juli 1992.

Senast en svensk väderstation inte rapporterade någon mätbar nederbörd under en kalendermånad var i mars 2013 (Hacksta och Hallstaberget).

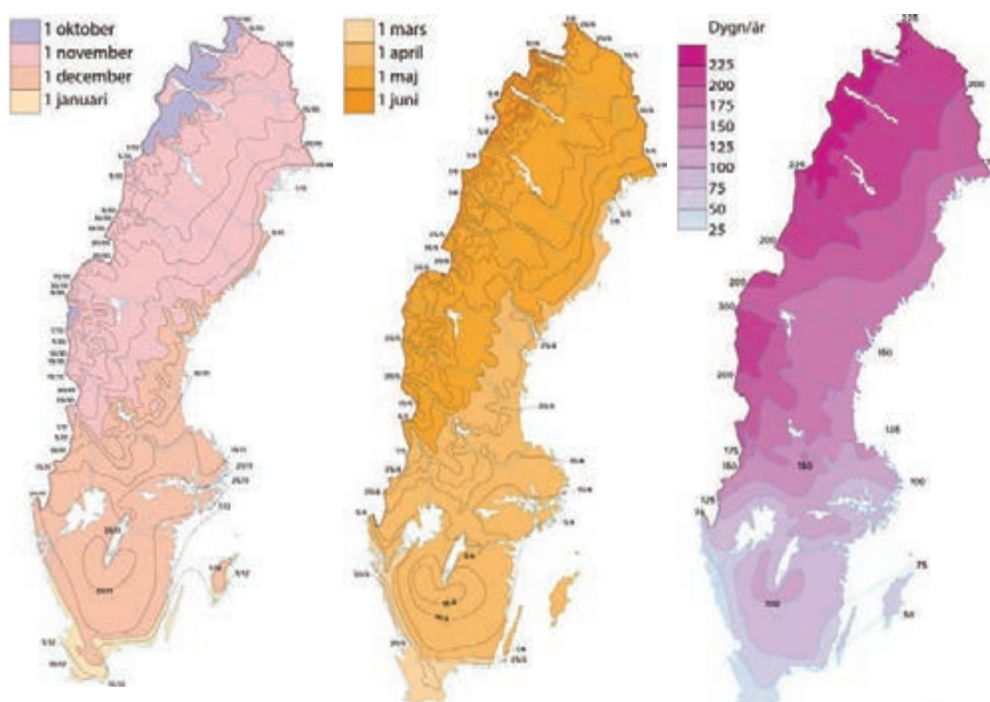
7 Snö

Sverige är ett avlångt land med stora variationer i temperatur, vilket tydligt avspeglas i snötäckets utbredning (figur 36). På högfjället kan den första snön falla redan i september och ligga kvar ända tills början av juni, medan de sydligaste delarna av landet ibland bara har ett fåtal dagar med snö under vintern. I dalgångar i de nordligaste fjälltrakterna bildas normalt det första snötäcket i början av oktober. På högfjället sker detta redan i september.

Närmast hav och större sjöar är temperaturen förhållandevis hög under hösten och förvintern, varför kusttrakterna som regel är snöfattiga i början av vintern. Vid Skånes sydkust bildas snötäcke i medeltal först en bit in i december. Det kan dröja betydligt

längre än det datum kartan visar innan ett mer varaktigt snötäcke bildas, särskilt i landets södra delar. Söder om en linje från mellersta Värmland, genom södra Dalarna till mellersta Gästrikland kan man inte heller räkna med att snötäcket alltid ligger kvar vintern igenom.

På hög fjället ligger snön ibland kvar ända in i juni månad, medan resten av Norrland brukar få snöfritt någon gång i maj eller slutet av april. I sydligaste Sverige brukar de sista dagarna med snötäcke vara i slutet av mars. I Norrlandsfjällen och i övrigt i norra Lappland är marken snötäckt i medeltal drygt 200 dagar om året. I Götalands kusttrakter är däremot i genomsnitt mindre än 50 dygn per år snötäckta. Under milda vintrar kan bestående snötäcke i stort sett utebli där.



Figur 36. Första dag med snötäcke (vänster), sista dag med snötäcke (mitten) och antal dagar med snötäcke (höger), medelvärden för perioden 1961-1990.

8 Avrinning

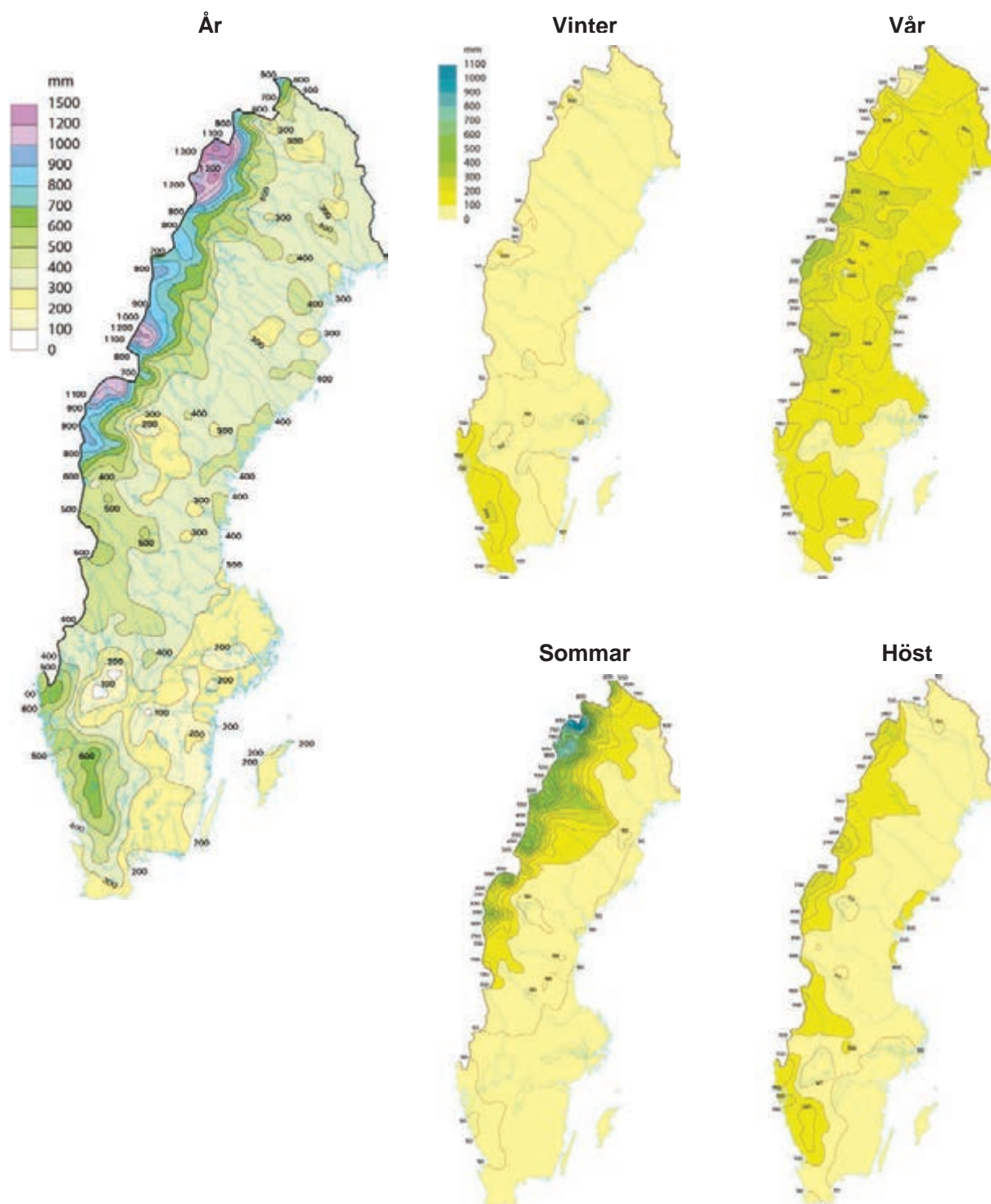
Det samlade vattenflödet från ett område i naturen kallas avrinning. Den specifika avrinningen, dvs. avrinningen per ytenhet, är ett mått på den långsiktiga vattentillgången i området, och uttrycks ofta i mm (1 liter per kvadratmeter). Årsmedelavrinningen för perioden 1961-1990 (figur 37) visar ett mönster över landet som i stort speglar nederbördsfördelningen. Västliga vindar ger störst nederbörd i fjälltrakterna och längs västkusten. Sydöstra Sverige kännetecknas av minst nederbörd och avrinning.

Säsongerna delas in enligt: vår (mars, april, maj), sommar (juni, juli augusti), höst (september, oktober, november) och vinter (december, januari, februari). Störst är avrinningen som regel i samband med snösmältningsperioden under våren. Eftersom snön smälter sent i fjälltrakterna syns hög avrinning där under den s.k. sommarperioden i figur 37.

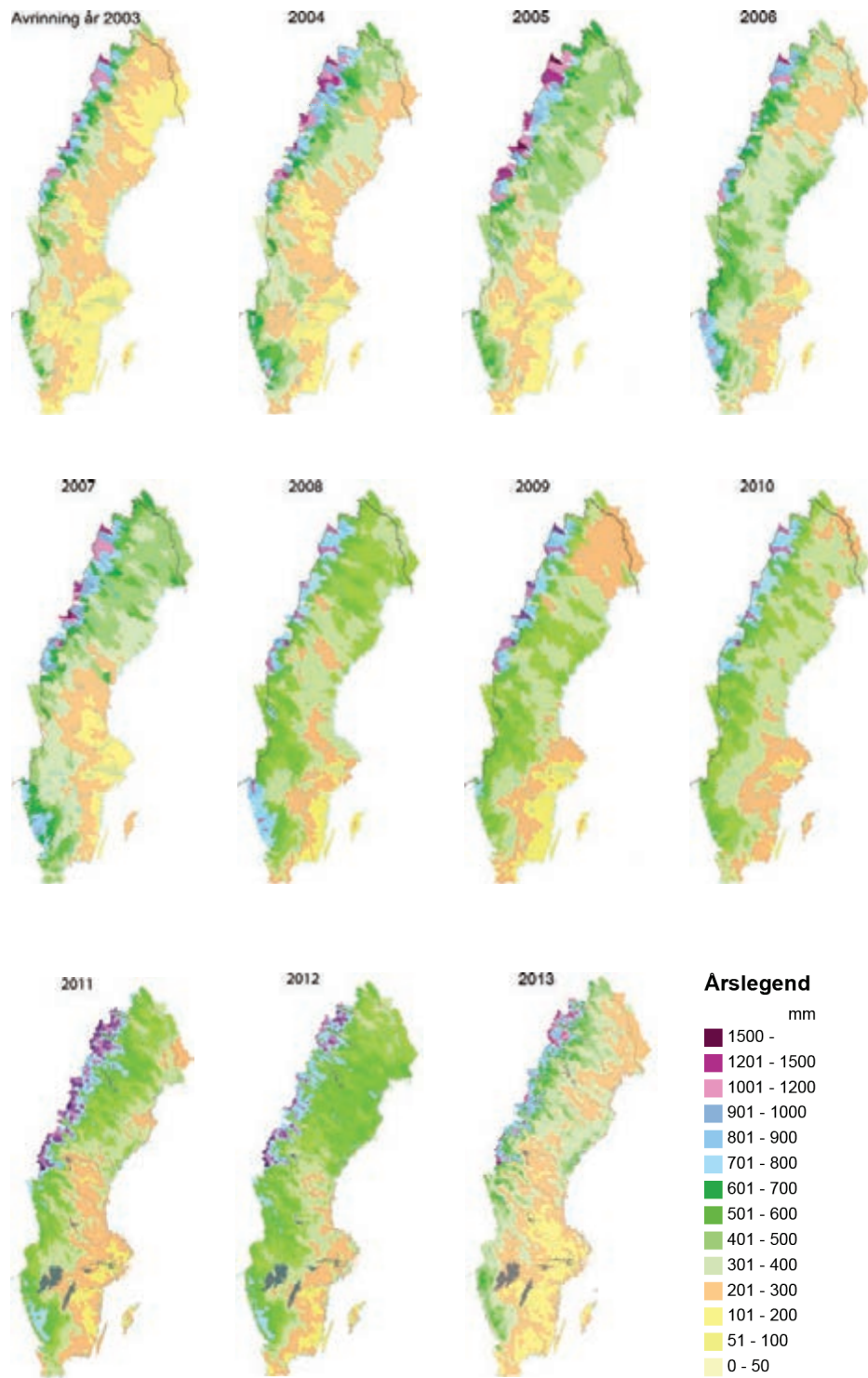
Avrinningen varierar mycket mellan åren och beror främst på nederbördens årsvariation, t.ex. var år 2000 ett blött år med $17 \text{ l/s} \times \text{km}^2$ (535 mm) och 1976 ett torrt år med $8 \text{ l/s} \times \text{km}^2$ (252 mm). $1 \text{ l/s} \times \text{km}^2$ utläses 1 liter per sekund från arean 1 kvadratkilometer, och motsvarar 31,5 mm/år.

SMHI tar varje år fram avrinningskartor för att ge en generell överblick av hur vattentillgången varierat under det gångna året och även per säsong (figur 38 och 39). Mellan år 2003-2010 är underlaget till dessa avrinningskartor framtaget med hjälp av den hydrologiska modellen HBV, som beräknar hur mycket vatten som rinner av från ett i förväg bestämt avrinningsområde. I den använda modelluppsättningen är Sverige indelat i drygt 1000 delavrinningsområden. Från och med 2011 används en annan hydrologisk modell, S-HYPE där Sverige är indelat i knappt 38000 delavrinningsområden.

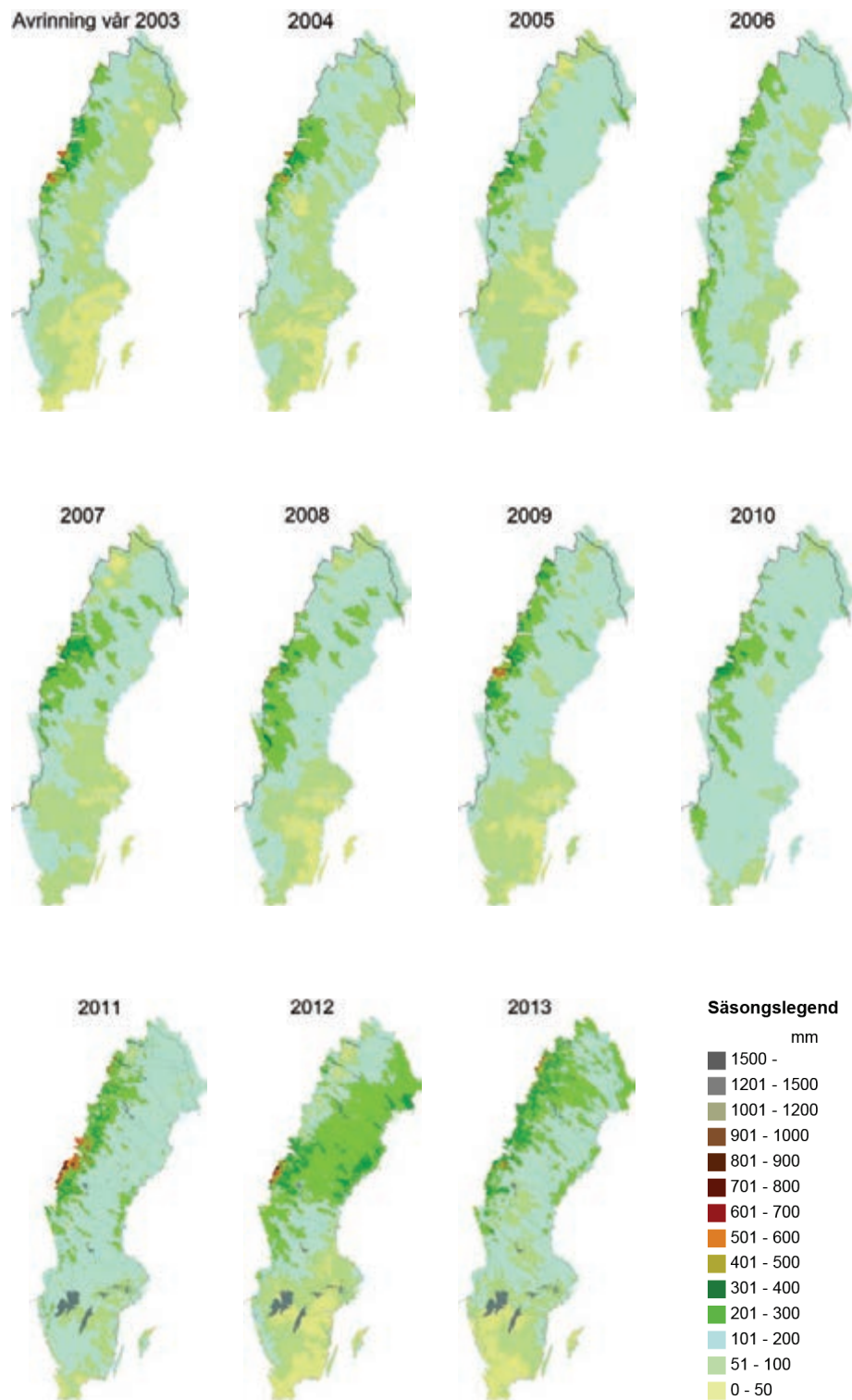
Modellerna är kalibrerade för att ge en generell bild över avrinningen från Sverige. Indata till modellerna kommer från en nederbörds- och temperaturdatabas, där nederbörd och temperatur har beräknats för ett gridnät som täcker hela Sverige. Varje gridruta är $4 \times 4 \text{ km}^2$ stor. Notera att legenden för årskartan inte är densamma som för säsongskartorna.



Figur 37. Årsmedelavrinningen (stora kartan) och medelavrinning vinter (dec-feb), vår (mars-maj), sommar (juni-aug) samt höst (sep-nov) för normalperioden 1961-1990.

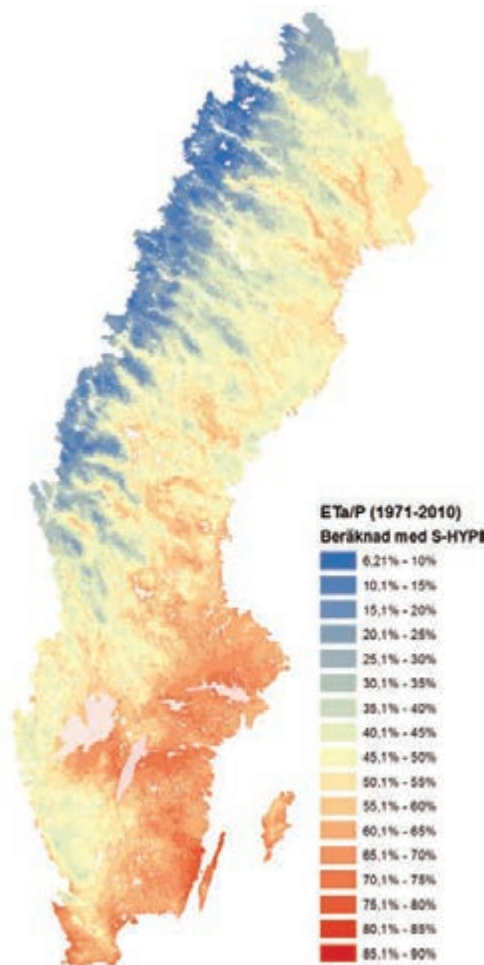


Figur 38. Årsavrinning 2003-2013 (mm)



Figur 39. Avrinning under våren (mars-maj) 2003-2013 (mm).

Avrinningen på årsbasis bestäms av nederbörd och avdunstning. Kvoten mellan avdunstning och nederbörd anger hur stor del av nederbörden som återgår till atmosfären. Ju högre andelen är desto mindre del av nederbörden bildar avrinning. Det är alltså ett sätt att beskriva torra områden. I kartan (figur 40) framträder östra Götaland, östra Svealand, Skåne och Västergötland som områden med hög andel avdunstning.



Figur 40. Andelen av nederbörden som avdunstar baserat på beräkning med den hydrologiska modellen SHYPE för ca 38 000 områden och avser medelvärden för perioden 1971-2012.

8.1 Vattenföring i Sverige 1860-2010

Rapporten "Klimat, vattentillgång och höga flöden i Sverige 1860-2010" publicerades av Elforsk 2011 och är framarbetad vid SMHIs forskningsavdelning. Rapporten beskriver långtidsvariationen i nederbörd, temperatur, vattentillgång och höga flöden i Sverige, med särskilt tonvikt på frågeställningar av betydelse för vattenkraftindustrin, för perioden 1860-2010.

Utgångspunkten för studien är framtagandet av regionala serier för nederbörd, temperatur och avrinning för tillrinningsområdena till de fyra havsbassängerna i Östersjön och Västerhavet: Bottenviken, Bottenhavet, Egentliga Östersjön och Västerhavet. Storleken, timingen på året, och frekvensen av höga flöden i naturliga vattendrag studerades genom analys av 69 vattenföringsserier om minst 60 år (figur 41). Följande slutsatser drogs i rapporten:

- Temperaturen har varit ovanligt hög under senare den senaste 20-årsperioden, med ett temperaturöverskott runt 1 grad i hela landet, jämfört med den gällande normalperioden 1961-1990.
- Vattentillgången har varit relativt stabil under perioden 1901-2010. 1970-talet var det torraste årtiondet, medan 1920-, 1980- och 1990-talen var de blötaste årtiondena (knappt 10 % blötare än normalperioden).
- Avrinningen vintertid har varit hög under senare år, särskilt i södra Sverige, beroende på de milda vintrarna.
- Storleken och frekvensen av höga flöden i naturliga vattendrag är relativt stabila, liksom tidpunkten för när under året de högsta flödena inträffar.

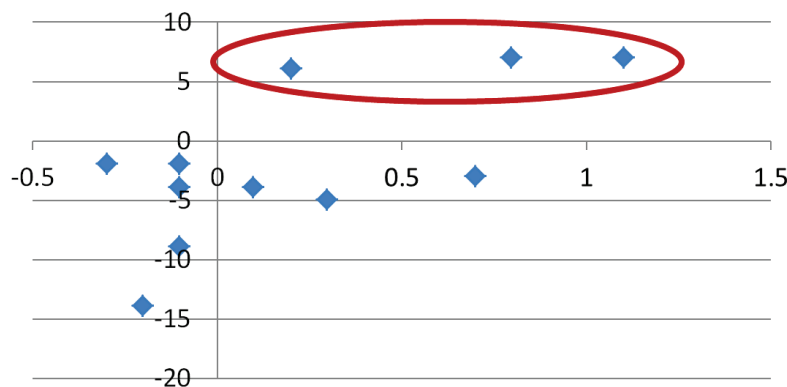


Figur 41. Indelning av Sverige i fyra regioner i vänstra kartan och de stationer som ingick i analysen för höga flöden som användes i rapporten. Källa: Lindström, 2011.

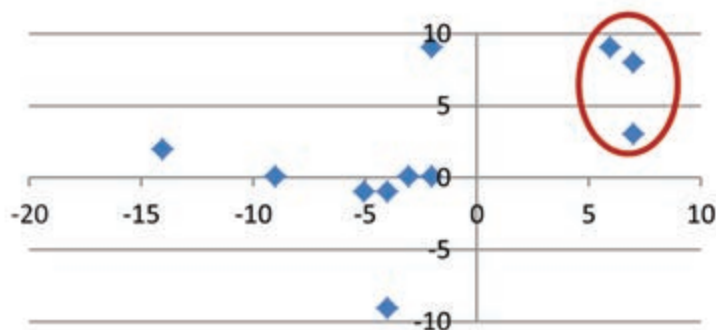
Avrinningen var hög under 1920-, 1980- och 1990-talen. Efter två blöta årtionden kulminerade avrinningen år 2000. Torraste årtiondet var 1970-talet. Torra år under senare tid var 1996 och 2003. Perioden 2001-2010 har varit något högre avrinning än långtidsmedelvärdet.

De enskilt mest extrema åren för avrinning är 1976 (lägst) och 2000 (högst). År 2000 var även året med störst mängd nederbörd.

Osäkerheter förekommer givetvis i materialet t.ex. beroende på förändringar i mätmetoder över tiden. Osäkerheterna är störst för de äldre data, särskilt före 1890-talet, eftersom det då endast finns tre dataserier.



Figur 42. Avvikelser i nederbörd (%) mot avvikelser i temperatur (°C) per årtionde 1901-2010 för hela landet. Avvikelse beskriven i jämförelse med 1961-1990. Temperatur på x-axeln och nederbörd på y-axeln. 10-årsperioderna 1980-2010 är inringade. Baserad på data från Lindström, 2011.

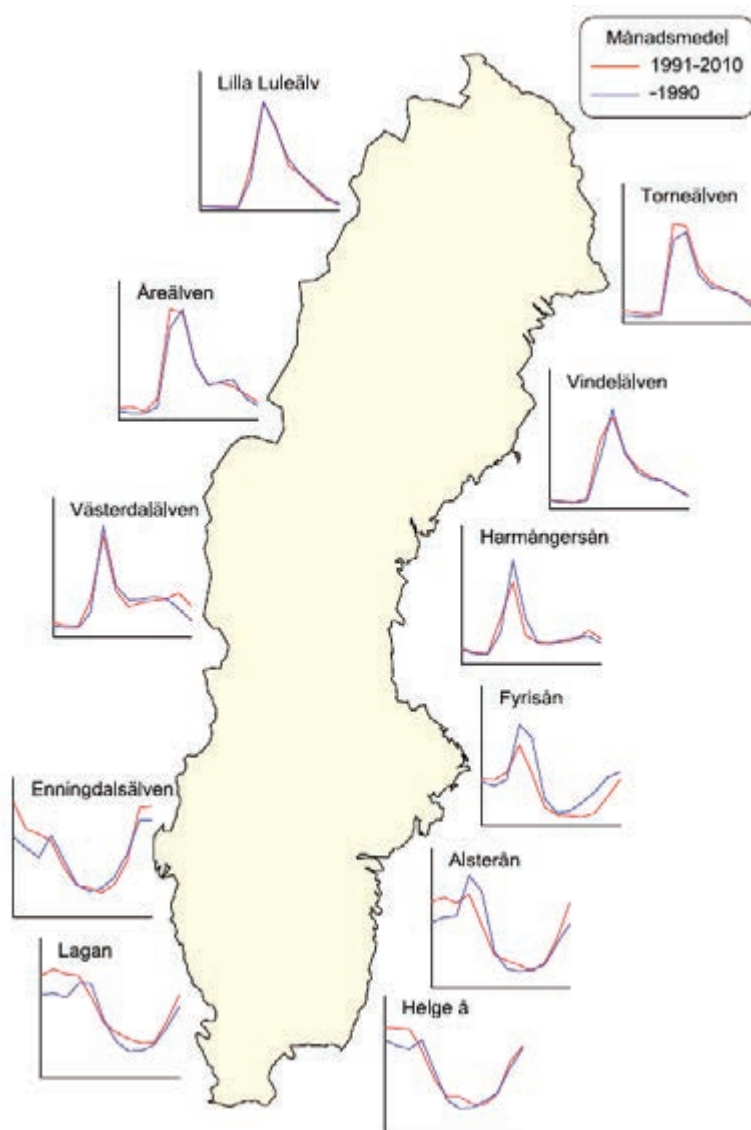


Figur 43. Avvikelser i avrinning (%) mot avvikelser i nederbörd (%) per årtionde 1901-2010 för hela landet. Avvikelse beskriven i jämförelse med 1961-1990. Nederbörd på x-axeln och avrinning på y-axeln. 10-årsperioderna 1980-2010 är inringade. Baserad på data från Lindström, 2011.

Lindström (2011) jämför 10-årsperioderna från 1901 till 2010 med medelvärden för 1961-1990 för hela landets temperatur, nederbörd och avrinning. Inget entydigt samband kan påvisas 10-årsperioderna för 1980-2010 ligger i rutan för varmt och regnigt (figur 42) respektive regnigt och hög avrinning (figur 43).

Nederbörden har, enligt analysen, ökat betydligt mer än avrinningen. Detta diskuterades i en tidigare rapport (Hellström och Lindström, 2008). De kom fram till att den troligaste orsaken är att nederbörden nu mäts noggrannare. Någon tydlig effekt av ökad biomassa i skogen eller av ökad temperatur kunde då inte påvisas. Det finns fler faktorer som kan spela in men som inte studerats noggrannare t.ex. förändringar i mätning av vattenföring.

I figur 44 visas hur månadsmedelvärdena för perioden 1991-2010 avviker från observationsserien för åren före 1990. Avvikelserna är betydligt större för södra Sveriges vattendrag, där vi framförallt ser högre vinteravrinning men också en tendens till lägre vårflod för vattendragen på den östra delen.



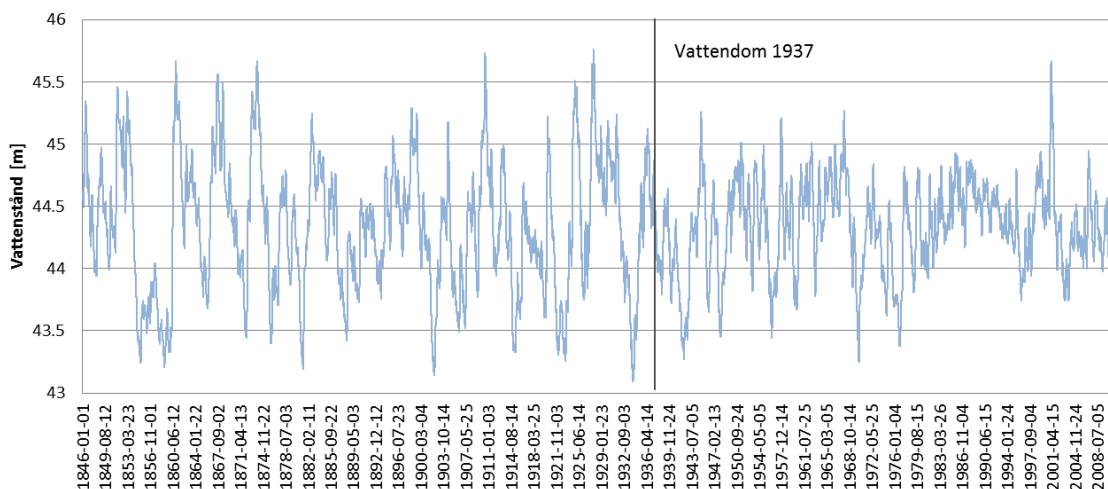
Figur 44. Avrinningens fördelning över året som månadsmedelvärden för åren före respektive efter 1990, för ett urval stationer med långa observationsserier. Källa: Lindström, 2011.

8.2 Vätern

Vattenståndsuppgifter från våra största sjöar finns ända från 1700-talet. Anledningen till att mätningarna startade var att allt fler människor berördes av ändringar i vattenståndet. Runt sjöarna fanns stora jordbruksmarker som vid översvämning kunde skadas. En sänkning av vattenståndet medförde däremot att bördig mark torrlades och kunde börja odlas. Den ökande sjöfarten behövde också uppgifter om vattenståndet för att planera sina rutter.

Genom mätningar av vattenståndet under en längre tid fick man kunskap om hur högt och hur lågt det kunde bli. Detta gav en ökad kännedom om var man kunde uppföra byggnader och andra anläggningar utan risk för att de skulle skadas vid en översvämning. Nya industrier som växte upp använde vattnet som kraftkälla. Genom att bygga dammar vid sjöarnas utlopp kunde vattenflödet ur dessa hållas jämnare. Detta medförde också att man kunde planera tappningen av sjöarna så att stora fluktuationer i vattenståndet utjämnades.

Vänern är Sveriges största sjö och Europas tredje största sjö. Avrinningsområdet är cirka 46880 km². Sjön började regleras 1937. Att regleringen startade 1937 syns tydligt i vattennivåmätningarna (figur 45) eftersom en minskning av de högsta vattennivåerna framträder efter 1937.



Figur 45. Vänerns vattenstånd (m) enligt höjdsystem RH00. Källa: smhi.se

Vattendomen bestämmer villkoren för en reglering. I en vattendom förkommer ofta begreppen dämningegräns (DG) och sänkningsgräns (SG) dvs. gränser för högsta respektive lägsta vattenstånd. Dämningegränsen liksom sänkningsgränsen varierar vanligtvis under året.

I Vänern är dämningegränsen lägre under våren för att ge plats för en del av vårfloden. Den får dock överskridas under vissa förutsättningar. Vid upp till 30 cm för högt vattenstånd skall tappningen vara 900 ± 30 m³/s och vid vattenstånd på mer än 30 cm över dämningegränsen måste 1000 ± 30 m³/s tappas ur sjön. Före regleringen var den högsta uppmätta vattenföringen ca 840 m³/s. Denna högre vattenföring har möjliggjorts genom stora vidgningar av en del älvsträckor. Att tappningen inte får överskrida cirka 1000 m³/s beror på att man vill undvika skador från ras och skred i Göta Älv. Vid långvariga perioder med nederbörd kan det innebära att tillrinningen är större än den mängd vatten som man får tappa ur Vänern med följd att vattennivån stiger. Detta var situationen år 2000/2001.

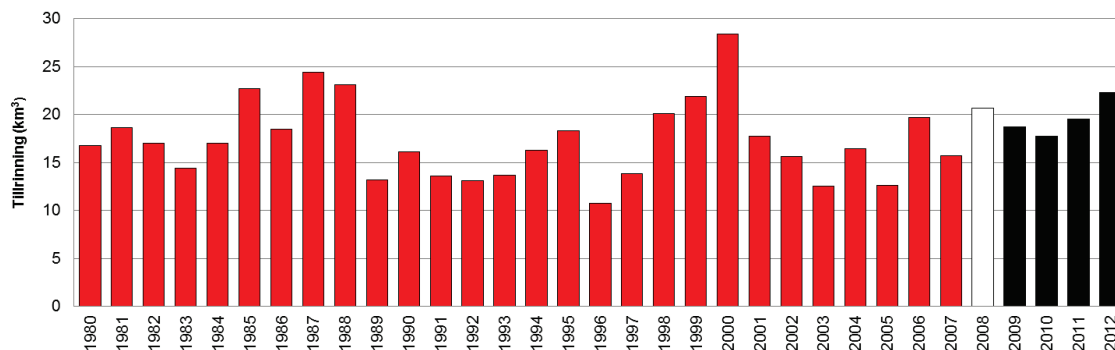
Även sänkningsgränsen varierar under året. Då dämningegränsen inte är överskriden får tappningen inte överskrida $900 +$ tillfälligtvis 30 m³/s. Den får heller inte vara mindre än att vissa minimitappningar kan hållas i Göteborgsgrenen nedanför Kungälv för att förhindra saltvatten från att tränga för långt upp i älvmyningen. Vid låga flöden och höga havsvattenstånd kan saltvatten tränga in längs botten och vålla svårigheter för Göteborgs vattenverk och en del industrier, som tar sitt vatten från älven.

Vattenfall tillämpar på prov sedan 2008 en ny tappningsstrategi, bland annat för att försöka hålla nere de högsta vattenstånden under extrema flöden. Denna strategi har tagits fram genom en överenskommelse mellan Vattenfall och länsstyrelsen i Västra Götaland och i samråd med Sjöfartsverket och SMHI. Denna nya strategi håller sig inom befintlig vattendom.

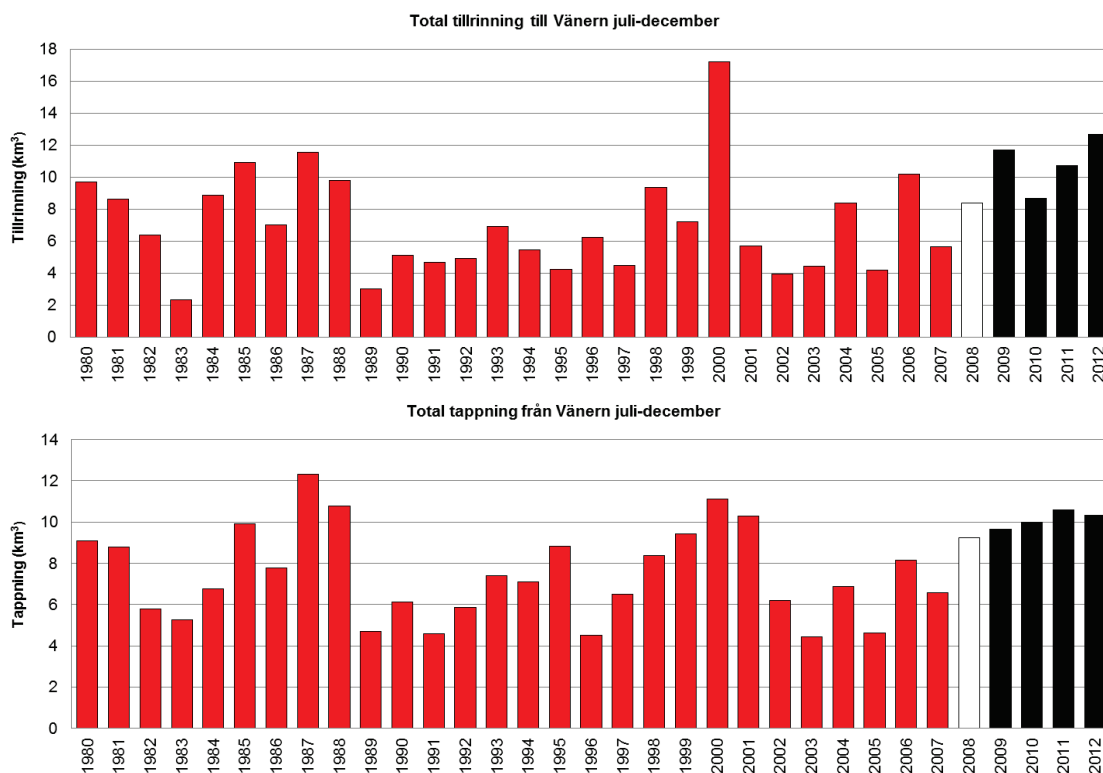
Data över vattenstånd och tappning för Vänern erhålls från Vattenfall. Tillrinning har beräknats vid SMHI. Av figur 45 framgår tydligt hur extrema förhållandena var 2000-2001. För övrigt är variationerna stora mellan åren.

SMHI har särskilt tittat på perioden 1980-2012 för att se effekten av den förändrade tappningsstrategin (Bergström och Eklund, 2013). Figur 46 visar årstillrinningen under

perioden 1980-2012. De röda staplarna avser perioden före överenskommelsen om ny reglering och de svarta avser perioden därefter. Den vita stapeln avser år 2008, det år då överenskommelsen trädde i kraft. Tillrinningarna var höga under åren efter överenskommelsen, men höga tillrinningar förekom också under några år på 1980-talet.



Figur 46. Årstillrinningen under perioden 1980-2012. De röda staplarna avser perioden före överenskommelsen om ny reglering och de svarta avser perioden därefter. Den vita stapeln avser år 2008, det år då överenskommelsen mellan Länsstyrelsen i Västra Götalands län och Vattenfall trädde i kraft.



Figur 47. Tillrinningarna till och tappning från Vänern under andra halvåret (juli-december) för perioden 1980-2012. De röda staplarna avser perioden före överenskommelsen om ny reglering och de svarta avser perioden därefter. Den vita stapeln avser år 2008, det år då överenskommelsen trädde i kraft.

Tillrinningen och tappningen under andra halvåret (juli-december) är speciellt intressanta för analysen av effekterna av den nya tappningsstrategin. Det var den höga tillrinningarna under det andra halvåret 2000 som ledde till de extrema förhållandena i Vänern vintern 2000-2001. Figur 47 visar tillrinningarna till och tappningen från Vänern under andra halvåret för vart och ett av åren under perioden 1980-2012. De år som följde efter

överenskommelsen kom att präglas av stora tillrinningsvolymmer speciellt under andra halvåret jämfört med förhållandena mellan 2001-2007 och under 1990-talet. Under 1980-talet fanns det dock flera år med nästen lika hög tillrinning som under perioden 2009-2012. Högst tillrinning för perioden 1980-2012 detta halvår uppvisar dock år 2000 närmast följt av 2012.

Den totala tappningen från Vänern för andra halvåret uppvisar ett annorlunda mönster än tillrinningen. Det beror på att den totala tappningen under perioden till stor del påverkas av utgångsvattenståndet i början på perioden och tillrinningens fördelning under de sex månaderna varierar.

Rapporten utmynnar bl.a. i slutsatserna att åren efter överenskommelsen (2008) präglades av stora tillrinningsvolymmer under juli-december. Vidare att överenskommelsen medförde ökade tappningar under hösten och har bidragit till att Vänern kulminerat på en något lägre nivå än vad som annars hade varit fallet. Det förefaller som om den nya tappningsstrategin medfört en jämnare fördelning av flödena i Göta älv. Det gör att de allra högsta flödena och vattenhastigheterna i älven blir mindre vanliga.

8.3 Mälaren

Mälaren är Sveriges till ytan tredje största sjö med medelareal 1140 km². Sjöns största djup är 66m och medeldjupet är 12,8 m. Avrinningsområdet är 22 650 km² och sträcker sig från Bergslagen i väster till Norrström i centrala Stockholm (figur 48). Hjälmararen ingår i avrinningsområdet. Många intressen samsas om Mälaren såsom kommunal dricksvattenförsörjning, transportled, rekreation, fiske och avlopp. Utloppet från Mälaren till Saltsjön är Norrström.

För att motverka översvämningar av jordbruksmark, undvika lågvatten för sjöfarten och hindra saltvatteninträning genomfördes en reglering av Mälaren enligt vattendom från 1941. Regleringen togs i bruk 1943. Avsänkningen av högvattenstånden blev ungefär de avsedda men lågvattenstånden blev betydligt lägre än väntat. Regleringsbestämmelserna justerades något 1966. Mälarens medelvattenstånd har beräknats, i enlighet med vattendom, från mätningar i Västerås, Södertälje och Stockholm.



Figur 48. Mälarens avrinningsområde och vattendrag samt mätplatserna Västerås, Södertälje och Stockholm från vilka ett medelvattenstånd beräknats. Källa: Andréasson m.fl., 2011a

Effekten av regleringarna avspeglas tydligt i vattenståndet som visas i figur 49. De högsta vattenstånden har minskat och inflöden från Saltsjön bemästras (ses som negativa värden). Efter 1943 är svängningarna betydligt mindre och efter 1968 är nivåerna än mer stabila. Mätserien visar en trend före 1943, men den beror på att landhöjningen påverkat referenspunkten.

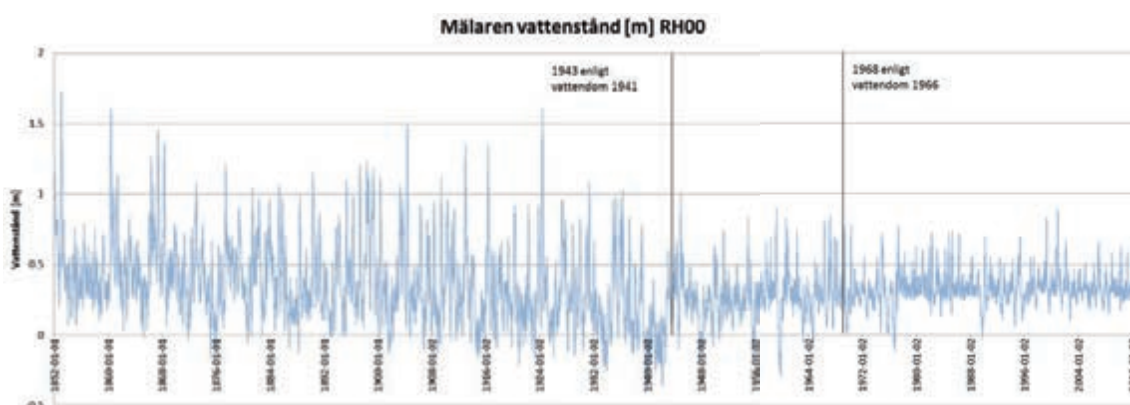
De kraftiga översvämningarna i Sverige 2000-2001 påverkade även Mälaren. Det högsta vattenståndet under reglerad tid uppmättes då till 0,89 m i RH00 (se även figur 49). Situationen orsakade betydande problem runt Mälaren och tydliggjorde behovet av en ökad tappningskapacitet.

Avtappningen av Mälarens vatten sker vid Norrström och Söderström i centrala Stockholm samt via slussarna i Hammarby och Södertälje. Möjligheten att släppa ut vatten från Mälaren bestäms av sjöns vattennivå, luckornas utformning samt skillnaden i nivå mellan Mälaren och Saltsjön. När skillnaden är liten begränsas möjligheten att släppa ut vatten från Mälaren. Dagens avtappningskapacitet är, vid stor vattenståndsskillnad mellan Mälaren och Saltsjön, ca 800 m³/s. Klimat- och sårbarhetsutredningen föreslog en ökning av avtappningskapaciteten till 1800 m³/s (SOU, 2006). Utredningen föreslog även en omprövning av nu gällande vattendom i samband med ombyggnaden av Slussen i Stockholm. Under slutet av 2011 kom slutförslaget angående en ny reglering, ”Projekt Slussen – Förslag till ny reglering av Mälaren” från SMHI. I denna föreslås ökad tappningskapacitet från Mälaren till cirka 1500 m³/s samtidigt som Slussen byggs om.

I ett regeringsuppdrag konstaterade MSB bland annat att risken för översvämning runt Mälaren är idag hög (MSBa, 2012). Detta eftersom tillrinningen till sjön kan vara högre än kapaciteten att tappa ut vatten från sjön. MSB konstaterade även att vid en översvämning med höga nivåer i Mälaren kommer problemen sannolikt att vara mycket stora även i tillrinnande vattendrag och inom en större region av landet. Därmed kommer konkurrens att uppstå om samhällets samlade resurser.

SMHI konstaterar att sannolikheten för att Mälaren under den kommande 10-årsperioden drabbas av en händelse liknande den år 2000, eller värre, är i storleksordningen 10% (Andréasson m.fl., 2011a).

Sedan 2014 finns sex nya mätstationer utplacerade runt Mälaren som kontinuerligt rapporterar vattenstånd. Ett avancerat hydrologiskt prognosystem för Mälarens vattenstånd och utflöden finns också i drift på SMHI.



Figur 49. Mälarens vattenstånd (uttryckt som meter i höjdsystemet RH00) 1852-2012. De vertikala svarta strecken markerar då vattendomen 1941 och den justerade vattendomen 1966 togs i bruk. Källa: Andréasson m. fl., 2011a

8.4 Höga flöden och översvämningar

Översvämningar kan uppstå då vattennivån i hav, sjöar eller vattendrag stiger så mycket att landområden som normalt är torra ställs under vatten. Det kan drabba även områden som inte gränsar till vatten. I Sverige är vi som regel förskonade från stora översvämningsskatastrofer men de materiella skadorna och kostnaderna till följd av översvämningar är betydande.

Översvämningar i Sverige orsakas främst av stor vattentillförsel till sjöar och vattendrag från kraftiga regn eller snösmältning. Höga flöden och mindre översvämningar återkommer i de norra delarna av landet i samband med snösmältningen. Översvämningar orsakade av stora regnmängder förekommer i norra Sverige främst under sommaren eller hösten. I södra Sverige kan de inträffa under större delen av året.

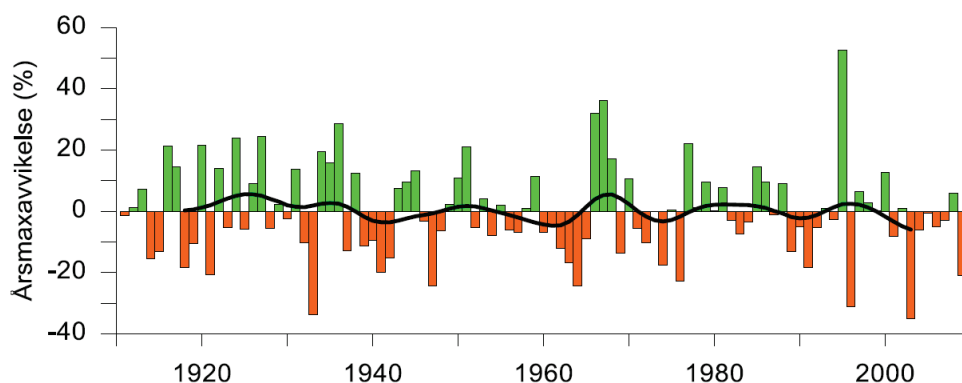
Vid stora vårflöden, orsakad av riklig snötillgång under vintern, ökar risken för översvämning om snösmältningen sker senare än normalt. Den blir då intensiv och snabb på grund av hög lufttemperatur. Sen snösmältning gör som regel att snön smälter samtidigt i fjällområden och i skogsområden och då sammanfaller flödestopparna. Regnar det dessutom ökar översvämningens risk ytterligare.

Om regn faller på tjälad jordbruksmark kan lokala översvämningar ske men det krävs kraftiga regn under flera dygn för att rejäla problem ska uppstå.

Samma volym nederbörd kan på samma plats ge olika resultat beroende på hur väl marken är vattenmättad. Om marken vattenmättats av långvarigt regnande eller snösmältning rinner ytterligare nederbörd till närliggande vattendrag och flödena ökar snabbt. Är marken däremot torr finns stora möjligheter att magasinera nederbörden.

Högt vattenstånd i havet kan försvåra problemen vid höga flöden. Det gäller vid låglänta kuster, som exempelvis vid Helge ås mynning i Kristianstad.

Höga flöden som inträffat i Sverige under senare år har rönt stor uppmärksamhet. Inte minst de sommarregn som leder till översvämningar i städer. Dessa flöden framträder oftast inte lika tydligt i SMHIs hydrologiska mätningar, eftersom dessa görs i större vattendrag. På smhi.se finns sammanställningar över höga flöden och översvämningar. Man kan lätt få intrycket att de ökat men sanningen är nog snarare att dokumentationen ökat.



Figur 50. Varje års maximala flöde, som viktat värde för Sverige, uttryckt som procentuell avvikelse från perioden 1961-1990. Källa: Lindström, 2011.

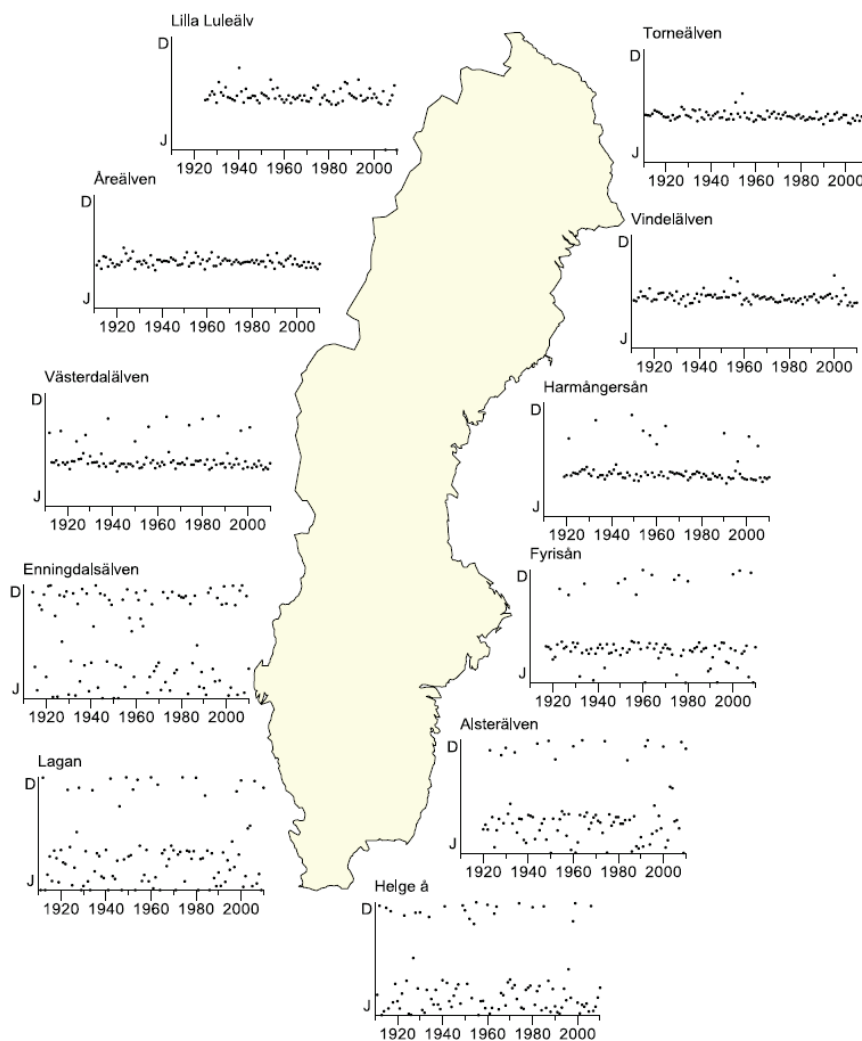
I Lindström (2011) presenteras medelavvikelsen för högsta flödet för hela året och för hela Sverige, baserat på 69 stationer med observationer under minst 60 år (figur 50). Referensnivån gäller för 1961-1990 och data är arealviktade för respektive region. I figuren framträder åren 1936, 1951, 1966, 1967 och 1995 som de mest flödesrika. 1900-talets högsta flöden i ett flertal oregrerade vattendrag i mellersta och norra Sverige inträffade just 1995. 1951 inträffade höga flöden i sydvästra Sverige och i Götaland.

Att titta summerat över hela landet ger inte hela bilden. I Lindström (2011) finns även en figur av andelen 10-årsflöden presenterade regionvis. Då framträder 1995 för region 1 och 2 och 1951 för region 3 och 4.

En annan orsak till ökad uppmärksamhet för höga flöden är den ökade sårbarhet som samhället står inför, med mer bebyggelse, hårdgjorda ytor och infrastruktur samt önskan till vattennära boende.

Många av de höga flödena under senare år har varit direkt orsakade av mycket regn. Regnflöden är svårare att göra prognos för än snösmältningsflöden. Sommaren 2010 är ett exempel på en period med flera översvämningar orsakade av regn. I juni drabbades Jönköping och Åre; i juli östra Götaland, Gotland, Stockholm och Göteborg; i augusti drabbades Göteborg igen samt Uppsala, Kungsbacka, Värmland, Malmö, Trelleborg och Åmål. De realtidsrapporterande vattenföringsstationer som används i varningstjänsten nådde då inte ens upp till den lägsta varningsklassen. Även 2014 orsakade kraftiga sommarregn problem med översvämningar t.ex. i Stockholm och Malmö.

Städer drabbas av kraftiga regn eftersom det finns många hårdgjorda ytor som inte kan ta emot stora mängder regn på kort tid. Vattenföringsstationerna däremot finns i de naturliga vattendragen där kraftiga regn vanligen inte påverkar flödet så mycket. Det beror på att de kraftiga regnen oftast är lokala och därmed bara faller på en del av avrinningsområdet. Dessutom infiltrerar vattnet i marken och rinner inte direkt till vattendragen.



Figur 51. Tidpunkt för högsta uppmätta flöde vid olika mätstationer. Källa: Lindström, 2011.

Om man tittar på när under året som de högsta flödena inträffar syns tydligt snödominansen i norra Sverige dvs. vårflödet orsakar de högsta flödena (figur 51). I mellersta Sverige syns även ett inflytande av nederbördsbaserade flödestoppar och i södra Sverige är bilden än mer splittrad. Det går inte fastställa att förskjutningar skett i tidpunkten för flödena under perioden

Under hösten 2010 genomförde MSB en inventering av de översvämningar i Sverige som lett till ogynnsam påverkan på människors hälsa, miljön, kulturarvet och ekonomisk verksamhet under åren 1901-2010 (MSB, 2012b). Inventeringen resulterade i totalt 190 inträffade betydande översvämningar med flertalet under senare delen av perioden. Det är troligen mest beroende på att översvämningar nu dokumenteras mer och att sårbarheten i samhället ökat.

Av de dokumenterade fallen skedde ca 70 procent utmed sjöar och vattendrag. Översvämning till följd av skyfall uppträder också förhållandevis ofta och orsakar stora skador, men de berör relativt begränsade geografiska områden. Försämrade kvalitet på yt- eller grundvattenförekomster samt skador på dricksvattenförekomster är relativt vanligt i samband med översvämningar. En orsak är att orenat avloppsvatten kommit ut på grund av störningar i funktionen på reningsverk.

Det är mycket sällan en översvämning i Sverige leder till dödsfall. Vid sju tillfällen har dödsfall inträffat i samband med betydande översvämningar i Sverige, där en till tre personer uppgetts ha omkommit. Det kan jämföras med att i genomsnitt 5400 personer omkommer varje år i världen i samband med översvämningar. I Sverige har personer skadats allvarligt vid nio tillfällen i samband med översvämningar och vid 37 översvämningar har evakuering av personer genomförts. Vid fyra tillfällen har fler än 50 personer varit tvungna att evakueras (MSB, 2012b).

I inventeringen sticker Västerbotten ut med flest inrapporterade översvämningar. Därefter följer Jämtland, Norrbotten, Skåne och Värmland.

8.5 Lågflöden

En översiktlig analys över vilken tid på året det vanligtvis är låga vattenflöden har utförts baserad på observationer från hydrologiska stationer i SMHIs grundnät (SMHI, 2012). Analysen visar ett tydligt mönster. I södra Sverige är det främst på sensommaren dvs juli, augusti och september. I norra Sverige är den lägsta vattenföringen som regel i mars och april, strax innan snösmältningen startar.

SMHI har även analyserat vilka år som haft låg avrinning baserat på modellberäknade årsvärden och för Sverige som helhet. Det innebär att lokala avvikelser eller kortare perioder inte syns. De år som identifierades från perioden 1971-2010 var 1971, 1972, 1976, 1996 och 2003.

En jämförelse med uppgifter från SGU över år då grundvattennivån var låg visar överensstämmelse för åren 1976 och 1996. År 1976 nämns också i kap 8.1 som mest extremt vad gäller lägst avrinning under perioden 1860-2010.

9 Havsvattenstånd

Den totala volymen vatten i världens hav påverkar vattenståndet i våra hav. Världshavens volym bestäms bland annat av havsvattnets temperatur och hur mycket vatten som ligger på land i form av glaciärer och då främst landisarna på Antarktis och Grönland. Den globala uppvärmningen har gjort att världshavens volym har ökat. Landisens avsmältning har tillfört vatten och den sammanlagda effekten är att världshavens vattenstånd stigit med ungefär 20 cm sedan slutet av 1800-talet. Den totala vattenståndshöjningen efter den senaste istiden (för 10000 år sedan) beräknas till 130 m.

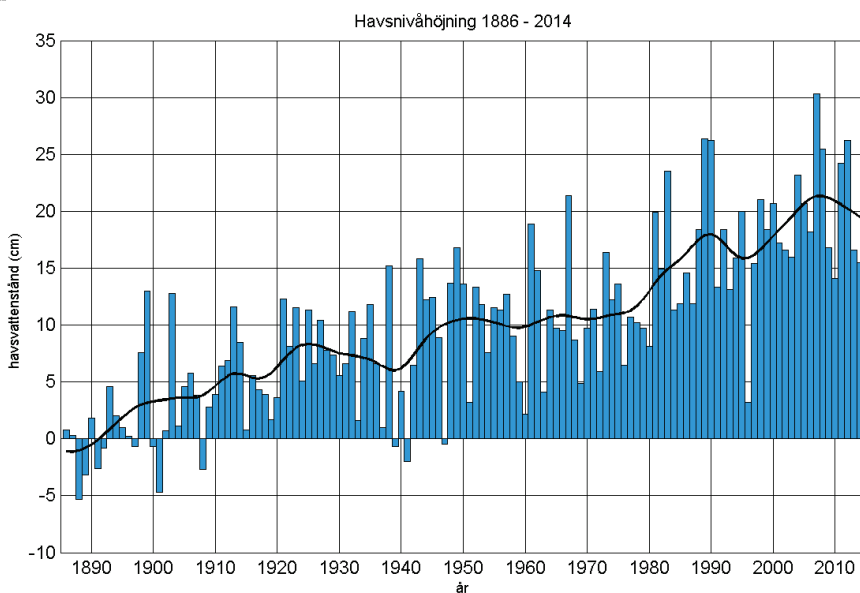
9.1 Havsvattenståndets variationer

Havsvattenstånd mäts vid ett flertal stationer längs Sveriges kust. Vattenståndet på en plats är effekten av många faktorer som verkar med olika kraft och variation över tiden. Förutom världshavens vattenstånd påverkar vindar, lufttryck, vattnets densitet och landhöjningen. Längs de svenska kusterna är det framförallt lufttrycket och vindarna på Nordsjön och Östersjön som påverkar vattenståndet, men även så kallade periodiska svängningar i havsbassängerna. Det innebär i huvudsak att när kraftiga vindar pressat upp vatten mot en kust kommer vattnet att sjunka tillbaka. Rörelsen i vattnet fortsätter ända tills motsatta kusten nås och förhöjer vattenytan där. Så kan det svänga fram och tillbaka ett antal gånger.

I många delar av världen har människor redan börjat uppleva hur havsnivån stiger. I Skandinavien är höjningen inte lika synlig tack vare landhöjningen, som är störst i norr. Men i södra Sverige har havet stigit ungefär 20 centimeter sedan slutet på 1800-talet. Under de senaste 30 åren har "höjningstakten" ökat till nästan 3 millimeter per år. På många håll i Sverige där landhöjningen är stor, till exempel i Västerbottens kustland, kommer man i praktiken inte att uppleva att havet stiger, medan man utmed Götalands kuster kommer att utsättas för allt högre havsnivåer.

I figur 52 visas havsvattenståndet för Sverige baserat på mätningar vid 14 stationer längs Sveriges kuster 1886-2013. Variationen mellan år är stor men en tydlig ökning av havsvattenståndet ses i figuren.

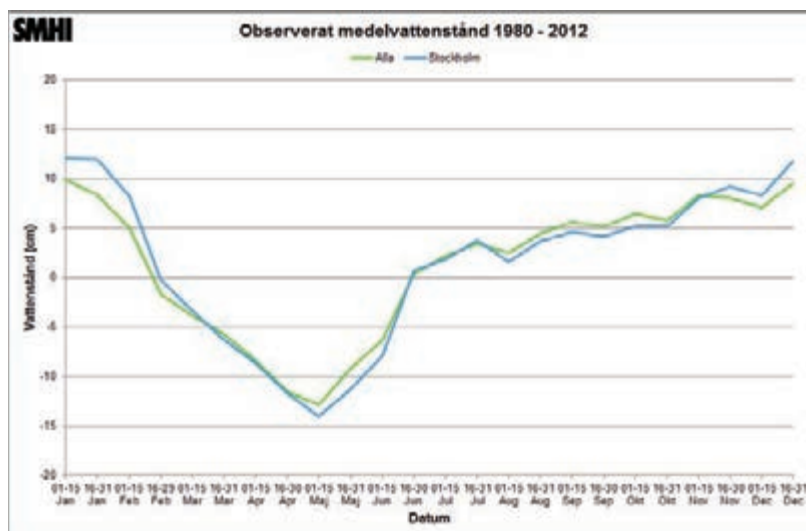
SMHI



Figur 52. Havsvattenståndets förändring i centimeter för 14 mätstationer sedan 1886. Diagrammet är korrigerat för landhöjningen. Den svarta kurvan visar ett utjämnat förlopp. Källa: www.smhi.se

Havsvattenståndet vid den svenska kusten uppvisar ofta en tydlig årstidsvariation. Under hösten ligger vattenståndet vanligtvis högre orsakat av förhärskande sydvästliga vindar som höjer nivåerna (figur 53). Hur högt vattenståndet blir vintertid styrs primärt av om vintern är lågtrycks- eller högtrycks-betonad. En lågtrycksbetonad vinter med sydvästliga vindar ger höga havsvattenstånd, vilket också är mest vanligt förekommande vintertid.

En kall högtrycksbetonad vinter förknippas ofta med låga vattenstånd p.g.a. nordostliga vindar som pressar ut vattnet från Östersjön. Under våren brukar också vattenståndet vara lågt p.g.a. det stabila högtryck som då brukar växa in över Skandinavien. Sommartid är variationerna mindre p.g.a. svagare vindar.



Figur 53. Observerat medelvattenstånd per halvmånad, baserat på data från SMHIs 23 stationer för perioden 1980-2012. I diagrammet visas medelvärdet för alla stationer (grön kurva) och medelvärdet för Stockholm (blå kurva). Stockholm följer, p.g.a. sitt centrala läge i Östersjön, medelvärdet för alla stationerna. Värdena presenteras relativt beräknat medelvattenstånd år 2013.

De högsta nivåerna fås i samband med långa perioder med förhärskande sydvästliga vindar som succesivt höjer vattenståndet. En stormpassage från sydväst kan då orsaka höga havsvattenstånd, t.ex. vid västkusten och bottenvikskusten. I Öresund observeras vid dessa tillfällen låga vattenstånd när vattnet pressas norrut i Östersjön. Det observerade årsmedelvärdet, som används vid beräkning av medelvattenståndet eller "årets medelvattenstånd", styrs ofta av förhållandena vintertid då starka vindar orsakar större variationer relativt medelvattenståndet.

Årets medelvattenstånd är ett beräknat värde bestämt genom regression på många års årsmedelvärden av havsvattenståndet. Det krävs mer än 30 års värden för att någorlunda väl kunna bestämma regressionslinjen. Med hjälp av linjen kan man sedan bestämma årsmedelvattenstånd såväl framåt som bakåt i tiden. Eftersom medelvattenståndet är ett beräknat värde kan man redan på årets första dag känna till årets medelvattenstånd.

Tidvatten har liten betydelse för våra kuster. I Skagerrak och Kattegatt finns ett så kallat halvdagligt tidvatten som en följd av öppningen mot Nordsjön och Atlanten. Amplituden på tidvattnet är normalt ca 10 centimeter i Skagerrak och 5 centimeter i Kattegatt men när de olika faktorerna samverkar (springflod) kan det vara 40 resp. 20 cm. Östersjön är för liten och har för trång öppning för att ha något egentligt tidvatten. Tidvattnet är enbart någon centimeter. Tidvattensvågen från Kattegatt genom sunden ger dock några centimeters tidvatten i södra Östersjön.

Vattendragen som mynnar ut i Östersjön tillför sötvatten och minskar havets salthalt. Densiteten hos sötvatten är lägre än saltvatten, vilket påverkar havsvattenståndet i Östersjön.

I Bottenviken är salthalten 3-4 promille, i Bottenhavet 5-6 promille, i Egentliga Östersjön 6-9 promille och i Västerhavet 15-30 promille. Eftersom sötare vatten är lättare behövs mera volym i form av högre vattenstånd för att systemet skall vara i balans.

Bottenvikens vattenstånd är på grund av detta alltid 35-40 cm högre än Skagerraks. Eftersom varje mätstation ges ett eget årsmedelvattenstånd syns inte detta i vattenståndsdiagrammen.

9.2 Extrema havsvattenstånd

Extrema vattenståndsnivåer inträffar oftast i samband med kraftiga pålands- eller frånlandsvindar. Hur högt eller lågt det kan bli varierar längs med den svenska kusten. Det högsta vattenståndet har observerats i Kalix och det lägsta i Skanör (Tabell 5 och 6).

Tabell 5. *Högsta observerade vattenstånd relativt medelvattenståndet för de olika havsområdena längs Sveriges kust samt de datum då observationerna gjordes. Källa: www.smhi.se*

Havsområde	Högsta vattenstånd	Station	Datum
Bottenviken	+177 cm	Kalix	1984-01-14
N.Kvarken	+142 cm	Ratan	2002-02-23
N.Bottenhavet	+131 cm	Skagsudde	2002-02-22
S.Bottenhavet	+145 cm	Forsmark	2007-01-14
N.Östersjön	+117 cm	Stockholm	1983-01-18
M.Östersjön	+136 cm	Ölands norra	1914-01-09
S.Östersjön	+169 cm	Ystad	1904-12-31
S.Öresund	+132 cm	Skanör	1997-04-11
M.Öresund	+159 cm	Barsebäck	2013-12-06
N.Öresund	+167 cm	Viken	2013-12-06
Kattegatt	+165 cm	Ringhals	2005-01-08
Skagerrak	+157 cm	Stenungsund	1990-02-27

Tabell 6. *Lägsta observerade vattenstånd relativt medelvattenståndet för de olika havsområdena längs Sveriges kust samt de datum då observationerna gjordes. Källa: www.smhi.se*

Havsområde	Lägsta vattenstånd	Station	Datum
Bottenviken	-123 cm	Furuögrund	1971-02-26
N.Kvarken	-122 cm	Ratan	1912-10-03
N.Bottenhavet	-87 cm	Draghällan	1906-11-11
S.Bottenhavet	-84 cm	Forsmark	1996-01-30
N.Östersjön	-70 cm	Landsort	1972-03-12
M.Östersjön	-82 cm	Oskarshamn	1972-03-12
S.Östersjön	-142 cm	Ystad	1902-12-26
S.Öresund	-158 cm	Skanör	2013-12-06
M.Öresund	-101 cm	Klagshamn	1987-01-30
N.Öresund	-115 cm	Viken	2008-01-05
Kattegatt	-116 cm	Varberg	1900-02-16
Skagerrak	-118 cm	Stenungsund	1996-02-10

10 Is på sjöar

Isläggningsperioden tenderar att ske senare och islossningen tidigare än normalt för flertalet sjöar i Sverige. Det kan kopplas till den varmare period vi befinner oss i.

I en klimatanalys för Jönköpings län (Andréasson m.fl., 2011b) gjordes en studie av sjöarna Bolmen, Sommen, Vidöstern och södra Vättern. Perioden 1961-2006 användes för Sommen och Vidöstern och Vättern 1961-1992 och Bolmen 1961-2005 p.g.a. av avslutade mätningar. Studien gjordes för att bestämma samband mellan temperatur och isläggning och islossning som sedan användes för att studera framtida tidpunkter med hjälp av klimatscenarier. Bolmens isperiod var i medeltal 103 dagar och det är sällsynt med isfria år. Isläggning sker i mitten av december och islossning sker i början av april. För Sommen 87 dagar isläggning vid årsskiftet och islossning i mitten av april. Vidöstern har i medeltal 100 isdagar med isläggning i mitten av december och islossning i början av april. Södra Vättern 69 dagar i medeltal och isläggning slutet av januari och islossning i början av april.

Vid jämförelse ses en tydlig tendens till kortare isläggningsperioder under 2000-talet jämfört med mätningarna på 1900-talet.

Islossningen 2014 var extremt tidig, framförallt i Dalarna och södra Norrland. Ett exempel är sjön Näckten i Jämtland där isobservationer skett under cirka 100 år. Årets islossning skedde 21 april, vilket är cirka en månad tidigare än normalt och sex dagar tidigare än det förra rekordet från 1990. Ännu mer extrem var islossningen i Bysjön i Gästrikland och Runn i Dalarna. Isen på dessa sjöar försvann 20 dagar tidigare än det förra rekordåret 1990.

Eftersom isläggningen var sen och islossningen tidig blev den islagda perioden mycket kort vintern 2013/2014.

11 Slutsatser

I rapporten har material över Sveriges klimat sammanställts med fokus på perioden 1960-2013, men även med utblickar i ett längre tidsperspektiv då så varit möjligt. Rapporten utgår från befintligt material som framtagits för olika syften, framförallt från www.smhi.se men även rapporter. Materialet är alltså inte homogent framtaget avseende exempelvis tidsperioder och geografisk fördelning. Här görs en generell sammanfattning för Sverige. Termen ”extrem” är i ett svenskt sammanhang. Internationellt sett har vi små variationer i klimatet:

Temperatur

- Årsmedeltemperaturen 1961-1990 går från -3° i norr till $+8^{\circ}$ i söder, vilket även avspeglas i grundvattentemperaturer.
- Sedan 1988 har alla år, utom 1996 och 2010 varit varmare än medelvärdet för 1961-1990. För flera år har temperaturavvikelsen varit störst i norra Sverige.
- Temperaturökningen under de senaste ca 20 åren är ca 1 grad (årsmedelvärde)
- Den största variationen i årsmedeltemperatur ses för vintern (0° - 10°)
- I januari är skillnaden i medeltemperatur över landet störst (-1° – -14°). Januari 2005 och 2008 sticker ut som mycket varma.
- I juli är skillnaden i medeltemperatur över landet lägst (ca 5 grader, undantaget fjällen). Juli 2014 var ovanligt varm, särskilt i fjällen.

Temperatur -extremer

- Högsta uppmätta temperatur i Sverige är 38° (1933 och 1947), högsta månadsmedeltemperatur är $21,8^{\circ}$ (juli 1901,1914)

- Låga temperaturer höst, vinter och vår är uppmätta i norra Norrland men för högsommaren i Härjedalen. Lägsta uppmätta temperatur är $-52,6^{\circ}$ (2 februari 1966), lägsta månadsmedeltemperatur är $-27,2^{\circ}$ (februari 1985).
- Lokala skillnader är betydligt större för minimitemperatur än för maximitemperatur. Det kan skilja uppemot 20 grader mellan svackor och höjder vid kallt väder.

Vegetationsperiod

- I norra Sverige har vegetationsperioden ökat med ca två veckor under de senaste 40 åren. I södra Sverige ses också en ökning men svagare och främst det senaste årtiondet. Framförallt ses en tidigare start på säsongen.

Nederbörd

- Äldre nederbördsdata är mer osäkra än de som samlas in idag.
- Årsnederbörden för Sverige var lägre än 600 mm fram till 1920, därefter fram till ca 1980 låg den kring 600 mm, sedan har den ökat. Idag är det sällsynt med värden under 600 mm.
- Den ökade nederbörden syns speciellt för de sydvästliga delarna av landet.
- Mest nederbörd kommer som regel under sommaren och lägst under våren. Ökad nederbörd syns tydligast för sommaren, från ett torrt 1970-tal.
- Variationen är stor mellan år och över landet. År 2002 var det t.ex. torrt i norr och blött i söder, år 2013 var det tvärsom.
- Juli 2006 var torr i hela landet, juli 2007 var mycket blöt i de sydligaste delarna och juli 2009 var mycket blöt t.ex. runt Vänern men det var torrt i de nordligaste delarna av landet.
- Det blötaste året var år 2000.

Nederbörd-extrem

- Det svenska rekordet för årsnederbörd har slagits tre gånger de senaste decennierna. Högsta uppmätta årsnederbörd är 1866 mm (Mollsjönäs, Västergötland 2008).
- Längsta dokumenterade period utan nederbörd är 65 dygn (i trakterna av Skövde 1974).
- Extrem nederbörd har generellt sett ökat från 1900 fram till 1930-talet, därefter minskning till 1970-talet för att sedan öka fram till idag. Det är mer extrem nederbörd idag än på 1930-talet
- Extrema regn (årets största 1-dygnsnederbörd) kan drabba hela landet men vanligen faller störst dygnsnederbörd under juli och oftast längs norrlandskusten, i fjällen eller i de västra delarna av sydsvenska höglandet.
- Absolut störst uppmätt dygnsnederbörd under senare tid är 198 mm (Fagerheden, Norrbotten 1997), därefter 188,6 mm (Råda, Värmland 2004) och 163 mm (Hinshult, Småland 2012).
- De allra värsta skyfallen (med återkomsttid 100 år) faller i östra Sverige.

Avdunstning

- Östra Götaland, östra Svealand, Skåne och Västergötland har hög avdunstning

Avrinning

- Årsmedelavrinningen visar ett mönster över landet som i stort speglar nederbördsfördelningen. Västliga vindar ger störst nederbörd i fjälltrakterna och längs västkusten. Sydöstra Sverige kännetecknas av minst nederbörd och avrinning.
- Vattentillgången har varit relativt stabil 1901-2010. 1970-talet var torrast, medan 1920-, 1980- och 1990-talen var blötast (knappt 10% jämfört med normalperioden).
- För perioden 1991-2010 jämfört med före 1990 avviker södra Sveriges vattendrag i flödesmönster under året. Högre vinteravrinning och lägre vårfloed.

Höga och låga flöden

- Mest extremt avseende avrinning var år 2000, tillika året med störst mängd nederbörd.
- Det mest flödesrika året för norra Sverige är 1995 och för södra Sverige 1951.
- Lågflöden uppträder i södra Sverige främst på sensommaren och i norra Sverige som regel strax innan snösmältningen.
- År med låg avrinning perioden 1971-2010 var 1971, 1972, 1976 (lägst), 1996 och 2003.
- Många uppmärksammade flöden under senare år har varit direkt orsakade av regn. Kraftiga regn i städer kan orsaka stora problem. Stockholm och Malmö drabbades sommaren 2014. Under sommaren 2010 skedde översvämningar i flera städer bl.a. Göteborg.

Havsvattenstånd

- Havsnivån har stigit med ca 20 cm i södra Sverige sedan slutet på 1800-talet. Höjningstakten har ökat de senaste 30 åren. Längre norrut motverkar den pågående landhöjningen.
- Havsvattenståndet uppvisar årstidsvariationer och under hösten ligger det som regel högt.
- Kraftiga vindar kan orsaka extrema vattenstånd.

Sjöis

- Isläggningen tenderar att ske allt senare och islossningen allt tidigare för flertalet sjöar, vilket ger kortare islagd period.

12 Referenser

Andréasson, J., Gustavsson, H. och Bergström, S. (2011a). Projekt Slussen- Förslag till ny reglering av Mälaren. SMHI-rapport 2011:64.

Andréasson, J., Persson, G., Sjökvist, E., Eklund, D., Asp, M., Olsson, J., Hallberg, K. och Johnell, A. (2011b). Klimatanalys för Jönköpings län. Rapport Nr 2011-74.

Bergström, S. och Eklund, A. 2013. Effekterna av ändrad tappning från Väneren. SMHI Rapport Nr 2013-10.

Eklund, A., Axén Mårtensson, J., Bergström, S., Björck, E., Dahné, J., Lindström, L., Nordborg, D., Olsson, J., Simonsson, L. och Sjökvist, E. (2015) Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattenutredningen. SMHI Klimatologi 14, 2015.

Hellström, S. och Lindström, G. 2008. Regional analys av klimat, vattentillgång och höga flöden. SMHI Rapport Hydrologi nr 110.

Lindström, G. 2011. Klimat, vattentillgång och höga flöden i Sverige 1860-2010. Elforsk rapport 11:73.

MSB 2012a. Konsekvenser av en översvämning i Mälaren. Redovisning av regeringsuppdrag Fö2010/560/SSK. ISBN 978-91-7383-198-7. MSB dnr 2010-3498.

MSB (2012b). Översvämningar i Sverige 1901-2010. ISBN: 978-91-7383-197-0

SMHI (2012). Undersökning av indikatorer för torra och år med torra. Intern rapport.

SOU (2006). Översvämningshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Väneren. Delbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2006:94. Stockholm.

Wern, L. (2012). Extrem nederbörd i Sverige under 1 till 30 dygn, 1900-2011. SMHI Meteorologi Nr 143.

www.smhi.se

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien KLIMATOLOGI har tidigare utgivits:

- | | | | |
|---|--|----|---|
| 1 | 1 Lotta Andersson, Julie Wilk, Phil Graham, Michele Warburton, (University KwaZulu Natal) (2009)
Local Assessment of Vulnerability to Climate Change Impacts on Water Resources in the Upper Thukela River Basin, South Africa – Recommendations for Adaptation | 7 | Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utförderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (2014)
FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Effekter, anpassning och sårbarhet. |
| 2 | Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete | 8 | Att begränsa klimatförändringar. (2014)
(Ej publicerad) |
| 3 | Jonas Olsson, Joel Dahné, Jonas German, Bo Westergren, Mathias von Scherling, Lena Kjellson, Fredrik Ohls, Alf Olsson (2010)
En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem | 9 | Eric Kjellström SMHI. Reino Abrahamsson, Pelle Boberg. Eva Jernbäcker Naturvårdsverket. Marie Karlberg, Julien Morel Energimyndigheten och Åsa Sjöström SMHI. (2014)
Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget. |
| 4 | Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Döscher, Henrik Smith (2011)
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av naturvetenskapliga aspekter | 10 | Risker och konsekvenser för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt (2014). |
| 5 | Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapsammanställning 2012. | 11 | Gunn Persson (2015)
Vägledning för användande av klimatscenarier. |
| 6 | Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige. | 12 | Lotta Andersson, Anna Bohman, Lisa van Well, Anna Jonsson, Gunn Persson och Johanna Farelus (2015)
Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat. |



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01