

ANPASSNING TILL ETT FÖRÄNDRAT KLIMAT



LÄNSSTYRELSEN
I STOCKHOLMS LÄN

Klimatförändringar och Mälaren

ur ett vatten- och naturmiljöperspektiv

Länsstyrelsen i Stockholms län har tagit fram skriften *Klimatförändringar och Mälaren ur ett vatten- och naturmiljöperspektiv* för att stödja och underlätta anpassningsarbetet till ett förändrat klimat.

Vid frågor kontakta Susanne Aristegui Adolphi, avdelningen för samhällsskydd och beredskap, Länsstyrelsen Stockholm.

Rapport 2011:2

Författare: Lovisa Lagerblad

Utgivningsår: 2010

ISBN: 978-91-7281-407-3

Foto omslag: Karin Ek, Länsstyrelsen

För mer information kontakta:
avdelningen för samhällsskydd och beredskap
Länsstyrelsen i Stockholms län

Tfn 08-785 40 00

E-post: beredskap.stockholm@lansstyrelsen.se

Rapporten finns även som pdf på vår webbplats
www.lansstyrelsen.se/stockholm

Anpassning till ett förändrat klimat

Klimatets förändringar berör samhällets alla sektorer och det är få verksamheter som kommer att förbli helt opåverkade. En medveten långsiktig planering innebär en rad åtgärder för att anpassa samhället till de klimatförändringar som märks redan idag och de som väntar i framtiden.

Länsstyrelsen har en samordnande roll i det regionala klimatanpassningsarbetet. Det innebär att stödja kommuner och andra aktörer för att underlätta planering och genomförande av lämpliga åtgärder. Underlag från sektorsmyndigheter behöver sammanställas och föras vidare, till exempel klimatunderlag som beskriver klimatets förändringar i olika tidsperspektiv. Regionala analyser behöver utföras och komma olika parter till godo. En viktig del av länsstyrelsens arbete är att bidra till att höja kunskapen inom regionen om klimatets förändringar och om de konsekvenser förändringarna innebär för samhället.

Sårbara områden och verksamheter bör identifieras så att lämpliga åtgärder kan vidtas för att anpassa samhället på ett hållbart sätt. Länets kommuner ansvarar för ett stort antal viktiga verksamheter. Kommunerna är ofta den aktör där de konkreta anpassningsåtgärderna kan och behöver genomföras. Ett samarbete mellan regionens olika aktörer är en mycket viktig del i detta arbete.

Innehållsförteckning

Förord	5
Ordlista	6
Sammanfattning	7
Inledning	8
Bakgrund och syfte.....	8
Metod och läsanvisning.....	8
Avgränsning.....	10
Klimatförändringar och reglering av Mälaren	11
Klimatförändringar – dagens kunskapsläge och utgångspunkter.....	11
Klimatscenarier och klimatmodeller.....	12
Slussenprojektet.....	13
Huvudalternativet.....	13
Mälaren och Saltsjön	17
Mälaren.....	17
... blev en sjö.....	17
... hyser stora naturvärden.....	17
... försörjer 2 miljoner människor med dricksvatten.....	17
Klimat idag och imorgon.....	17
Temperatur.....	18
Nederbörd och tillrinning.....	18
Vattentemperatur och isläggning.....	19
Havsvattenstånd och landhöjning.....	19

Erosion.....	20
Saltvatteninträngning.....	20
Klimatförändringarnas effekt på vatten- och naturmiljö i Mälaren och Saltsjön	22
Vattenmiljö.....	22
Vattenkvalitet.....	22
Dricksvatten.....	24
Vattendrag.....	25
Fisk.....	25
Saltvatteninträngning i Mälaren.....	25
Naturmiljö.....	26
Strandnära ekosystem - svämlövskogar, strandskogar, sumpskogar och strandängar.....	27
Växter över och under vattenytan.....	28
Diskussion	29
Slutsatser	31
Referenser	32
Bilaga 1 – Östersjöns temperatur	34
Bilaga 2 – Mälarens höjdsystem	35
Bilaga 3 – Högsta bedömda havsvattennivåhöjning år 2100	36

Förord

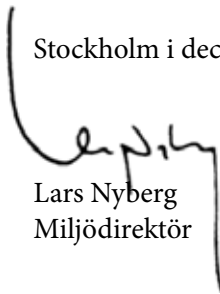
Länsstyrelsen fick år 2009 regeringens uppdrag att samordna arbetet på regional nivå med anpassning till ett förändrat klimat. Denna rapport ingår i Länsstyrelsen i Stockholms läns klimatanpassningsarbete och är en del i rapportserien ”Anpassning till ett förändrat klimat”. Rapporten syftar till att höja kunskapen om framtidens klimatpåverkan med fokus på vatten- och naturmiljö i Mälaren.

Materialet som ligger till grund för rapporten är främst befintligt arbetsmaterial rörande nya Slussen och dess reglering. Länsstyrelsen har fått tillgång till materialet genom Slussenprojektet inom Stockholm stad. Det övergripande syftet har varit att granska befintligt underlag ur ett långsiktigt klimatperspektiv. För den som vill fördjupa sig inom området finns referenser angivna till bakgrundsmaterialet.

Arbetet med att analysera konsekvenser av klimatförändringarna och vårt behov av anpassningsåtgärder inom regionen är i startfasen. Rapporten är tänkt att utgöra ett stöd till olika aktörer inom regionen samt att vara ett komplement till övrigt arbete som pågår avseende anpassning till ett förändrat klimat.

Rapporten är författad av Lovisa Lagerblad, avdelningen för Samhällsskydd och beredskap, med handledning av Per Berglund, enheten för Miljöskydd. Författaren svarar själv för innehållet i rapporten.

Stockholm i december 2010



Lars Nyberg
Miljödirektör

Ordlista

100-årsflöde – Beräknas utifrån statistisk analys av observerade vattenföringsserier och inträffar med risken 1 på 100 för varje år. Sannolikheten att flödet inträffar under en 100-årsperiod är 63 procent.

Dimensionerande flöde och dimensionerande nivå – Det högsta flöde som beräknas uppstå i ett vattendrag på grund av en kritisk kombination av faktorer såsom regn, snösmältning, hög markfuktighet och magasinutfyllning. Beräkningarna baseras på de riktlinjer för dimensionering av dammanläggningar som upprättas av Flödeskommittén. Den nivå som blir resultatet av ett dimensionerande flöde kallas dimensionerande nivå.

Klimatanpassning – I praktiken innebär klimatanpassning att man integrerar klimatfrågor i sin verksamhet. Att klimatanpassa innebär att man beaktar konsekvenser av klimatförändringen och vidtar de åtgärder som behövs, vilka kan vara både positiva eller negativa. I arbetet med klimatfrågan är det viktigt att vara på det klara med om det är dagens klimat eller ett långsiktigt klimat som man anpassar sig till.

Slussen – I folkmun är Slussen det område som förbinder Södermalm med Gamla Stan. Slussen reglerar med hjälp av flera andra slussar (till exempel i Hammarby och Södertälje) Mälarens vattennivå. Den Slussen vi ser idag byggdes på 30-talet och den behöver nu byggas om. Dessutom behöver avtappningskapaciteten ökas för att minska risken för översvämningar i Mälardalen.

Mälarens höjdsystem – Definieras av nivån på Västra sluströskeln vid Karl Johans Torg. Denna nivå ligger 3,84 meter under havsytan enligt Rikets höjdsystem RH00 eller 3,48 meter under havsytan enligt Rikets höjdsystem RH70 (se Bilaga 2 för en mer utförlig beskrivning).

Sammanfattning

De klimatscenarier som presenteras idag visar på en stor spännvidd, men huvuddragen är trots osäkerheter tillräckligt robusta för att ge en fingervisning om vart vi är på väg. Sverige kommer att bli varmare och blötare. Redan idag är översvämningsriskerna runt Mälaren oacceptabelt stora och klimatförändringarna kan öka risken ytterligare. I samband med ombyggnationen av Slussen kommer därför avtappningskapaciteten att fördubblas.

Det övergripande syftet med den här rapporten är att utifrån befintligt material rörande nya Slussen och dess reglering sammanställa och bedöma hur ett framtida klimat i det längre tidsperspektivet beaktats i utredningarna och om det finns material i Slussenprojektet som kan användas för att höja kunskapen om framtidens klimatpåverkan.

SMHI har för Slussenprojektet analyserat hur klimatförändringarna kan påverka möjligheten att reglera Mälaren. Slutsatsen från deras studie är att regleringsmöjligheterna är relativt robusta under detta sekel. Inkluderat i SMHI:s studie är en global havsnivåstigning på 1 m, vilket för Stockholms del innebär en nettoökning på 0,5 m. Den tekniska konstruktionen beräknas enligt Stockholm stad hålla cirka 100 år, medan regleringen kan komma att förändras flera gånger under denna period.

Det föreslagna regleringsalternativet ska hålla Mälarens nivåer inom 4,0 till 4,7 m (Mälarens höjdsystem). Ett av målen är att den naturliga årstidsvariationen ska beaktas för att gynna den strandnära naturmiljön som idag är hårt åtgången. Den nya regleringen är generellt positiv ur natur- och vattenmiljöperspektiv. Orsaken är främst en tydligare och något tidigarelagd vårflod. En reglerad vårflod kan även kompensera för uteblivna vårfloder vid ett varmare klimat med mindre snötäcke.

Rapporten diskuterar kunskapsläget kring hur den nya regleringen påverkar vatten- och naturmiljön och hur man kan använda denna kunskap i ett långsiktigt klimatperspektiv. Klimatförändringarna kan ha en lång rad effekter och påverka allt från växtperiodens längd till förändrad vattenkvalitet. Mälaren är idag dricksvattentäkt för cirka 2 miljoner människor och det är därför av största regionintresse att vattenkvaliteten är tillräckligt god för dricksvattenproduktion. Klimatförändringarna kan leda till att mer näringsämnen och humus urlakas vid kraftigare nederbörd, vilket är negativt ur vattenkvalitetsperspektiv. Vid en potentiell havsnivåhöjning på 1 m (eller mer) finns stor risk att saltvatten tränger in i Mälaren, vilket skulle få allvarliga konsekvenser för inte minst dricksvattenproduktionen. Det finns därför ett behov av att utreda den frågan närmare.

Inledning

Mälaren är Sveriges tredje största sjö. Sjön hyser många stora naturvärden, och är ett riksintresse enligt tredje och fjärde kapitlet i miljöbalken just med hänsyn till de natur- och kulturvärden som finns. Mälardalens vatten utnyttjas dessutom av drygt 2 miljoner människor i Mälardalen och Stockholmsregionen som dricksvatten (SOU 2006:94; Miljöbalk 1998:808). Trots att medelvattenståndet idag är endast cirka 0,7 meter över havsytan är Mälaren sedan århundraden tillbaka avskild från Saltsjön. Först bestod avskiljningen av en låg tröskel mellan Saltsjön och Norrström skapad av landhöjningen, senare via slussar.

En vattendom från år 1966 reglerar Mälarens vattenstånd, men en ny reglering av Mälaren behövs. Forskning visar på att det idag finns ett överhängande hot för allvarliga översvämningar i Mälaren och att en större risk för mer extrema väderförhållanden kan bli resultatet av klimatförändringarna. År 2000 fick Stockholmsregionen se Mälarens vatten i höjd med kajkanten i Gamla Stan, nära att rinna ner i tunnelbanan. I klimat- och sårbarhetsutredningens delbetänkande (SOU 2006:94) beräknades ett 100-års flöde kosta 4 miljarder kronor. För att hantera problemet kan man öka avtappningen från Mälaren, vilket betyder att man helt enkelt ökar antalet liter vatten som man per sekund kan tappa från Mälaren till Saltsjön.

BAKGRUND OCH SYFTE

Länsstyrelsen i Stockholms län har liksom övriga länsstyrelser i landet ett regeringsuppdrag att samordna klimatanpassningsåtgärderna i regionen. Ett av målen för verksamheten är att förmedla tillgänglig kunskap om klimatförändringarnas konsekvenser och behovet av anpassning för Stockholms län. Förmedlingen ska ske på ett

begripligt och användbart sätt gentemot aktörerna.

Slussenanläggningen är mycket sliten och behöver årligen underhållas för flera miljoner kronor. En stor ombyggnation måste genomföras och samtidigt avses avtappningskapaciteten från Mälaren mer än fördubblas. Det minskar avsevärt risken för svåra översvämningar i Mälaren idag.

För ombyggnationen av Slussen och den nya regleringen av Mälaren har ett omfattande underlagsmaterial tagits fram av Stockholms stad. I underlagsmaterialet har man studerat konsekvenserna av de förändringar som nya Slussen och regleringen kan komma att innebära för Mälarenregionen.

Det övergripande syftet är att utifrån befintligt material rörande nya Slussen och dess reglering sammanställa och bedöma hur ett framtida klimat i det längre tidsperspektivet beaktats i utredningarna och om det finns material i Slussenprojektet som kan användas för att höja kunskapen om framtidens klimatpåverkan. Granskningen har skett ur ett långsiktigt klimatperspektiv där fokus ligger på vatten- och naturmiljö. Mälaren har varit främsta utgångspunkt, men även konsekvenser på Saltsjön har i viss mån behandlats.

METOD OCH LÄSANVISNING

Materialet i denna rapport har tagits fram genom en litteraturstudie i ämnet. Främst de rapporter och PM framtagna i samband med Slussenprojektet har varit i fokus. Länsstyrelsen har fått tillgång till Slussenmaterialet genom Stockholms stad. Material har även hämtats utanför Slussenprojektets gränser för att skapa en mer komplett bild över ämnet. Seminarier och presentationer av fors-



Figur 1. Mälaren är ett riksintresse enligt tredje och fjärde kapitlet i miljöbalken med hänsyn till de natur- och kulturvärden som finns (Foto: Filippa Lagerblad).

kare och konsulter har även använts. I vissa fall finns länkar till materialet (se Referenser i slutet på dokumentet).

För att underlätta för läsaren finns några vanliga termer beskrivna i början (se Ordlista). Det bör tilläggas att kunskapen om klimatets förändring ständigt utvecklas och att därför uttala sig om exakta nivåer eller temperaturer inte är relevant för en studie på den här nivån. Läsaren

bör även vara medveten om att klimatforskningen i Sverige är inne i ett expansivt skede. Rossby Centre (SMHI) i Norrköping arbetar med flera olika globala och regionala klimatmodeller för att ta fram så bra klimatscenarioer som möjligt. Mycket av det som görs presenteras på smhi.se.

AVGRÄNSNING

Den framtida Slussenanläggningen och den nya större avtappningskapaciteten för Mälaren är planerad för klimatförändringar på cirka 100 års sikt, bland annat med ett beräknat cirka 1 m högre havsvattenstånd globalt jämfört med idag. Förslagen på den nya regleringen, det vill säga vilka vattenstånd som eftersträvas i Mälaren, baserar sig på dagens klimat. Men regleringen av Mälaren, framförallt för att kompensera för eventuellt varmare somrar, kan behöva förändras med ett förändrat klimat i regionen. Efter år 2100 är osäkerheterna stora och andra lösningar för att reglera Mälaren och hålla den avskild från Saltsjön kan bli aktuella.

Konsekvensbedömningen från dagens reglering till den nya regleringen baseras på dagens klimat. Man har alltså inte skapat en reglering anpassad till ett framtida klimat, dels för att en sådan reglering inte skulle fungera väl i dagens klimat och dessutom eftersom osäkerheterna

kring vilket scenario som kommer att falla ut är stor. Regleringen kommer däremot att med stor sannolikhet förändras under den beräknade tekniska livslängden (100 år) genom att till exempel anpassas till en tidigare vårflod.

Avgränsningen i den här studien blir således att ur de konsekvenser man har tittat på hitta de faktorer som är aktuella ur ett långsiktigt klimatperspektiv. Med ett långsiktigt perspektiv avses från 2018 och 100 år framåt. Då osäkerheterna efter 100 år är mycket stora (osäkerheterna är stora redan i slutet av vårt sekel) sträcker sig den här rapporten inte längre. Även om vissa resonemang kan vara aktuella ännu längre.

Eftersom syftet med den här rapporten är att titta på vatten- och naturmiljö kommer endast de faktorer som är aktuella för detta att behandlas. Det innebär att rapporten till exempel inte kommer att gå in närmare på infrastruktur och tekniska försörjningssystem, kommunikationer, hälsa eller areella näringar.

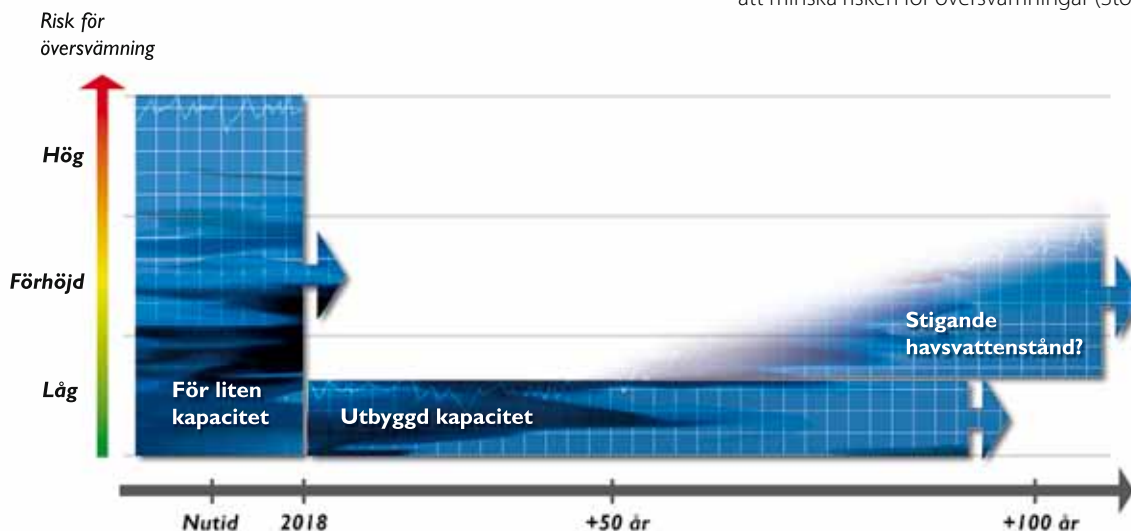
Klimatförändringar och reglering av Mälaren

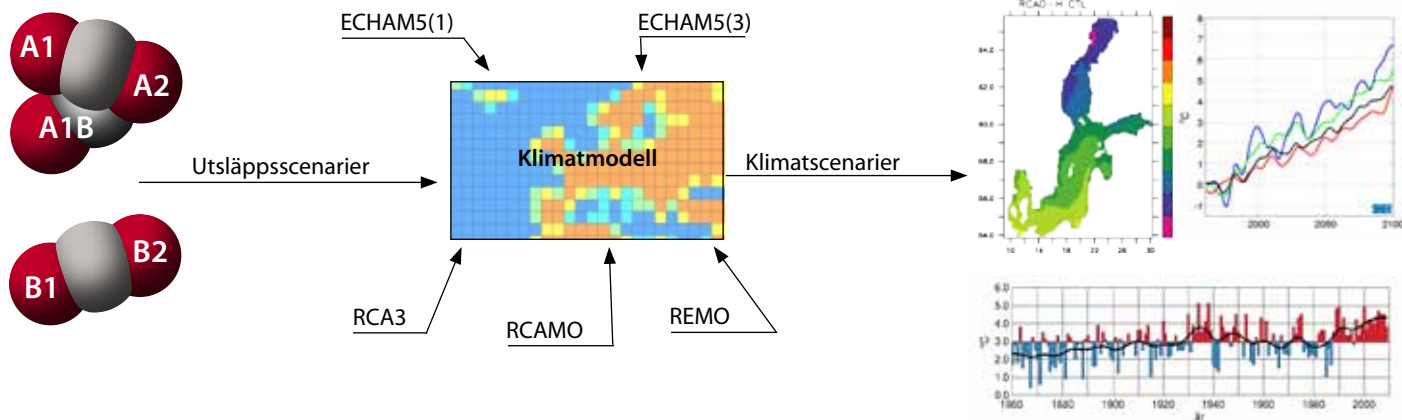
KLIMATFÖRÄNDRINGAR – DAGENS KUNSKAPSLÄGE OCH UTGÅNGSPUNKTER

Ras, skred, erosion, stormar, översvämningar, extremtemperaturer, stigande världshav, värmeböljor och kraftiga regn är exempel på vad vi i framtiden kanske kommer att behöva anpassa oss till. De klimatscenarier som presenteras visar på en stor spännvidd, men huvuddragen är trots osäkerheter tillräckligt robusta för att ge en fingervisning om vart vi är på väg. Sverige kommer att bli varmare och blötare (SOU 2007:60). Inom Sveriges gränser är skillnaderna i dagens klimat, klimatförändringar och behov av anpassning unika. Till exempel kan vissa delar av landet få betydligt större ökning nederbörd än andra,

medan en stigande havsnivå kanske påverkar behovet av anpassning mest hos de kustnära städerna. Slussenombyggnationen är en möjlighet att bättre anpassa Mälaren till dagens klimat och i viss mån till framtidens klimat (Figur 2). Ett steg i detta är att man har beräknat att den totala avtappningskapaciteten från Mälaren till Saltsjön behöver mer än fördubblas, från dagens ca 800 m³/s (SOU 2006:94) till ca 2000 m³/s (varierar beroende på havsvattennivån, se tabell 6 i SMHI 2010a). Ökningen med 1200 m³/s planeras att ske i Slussen.

Figur 2. Risken för översvämning i Mälaren är idag oacceptabelt hög. En utbyggd avtappningskapacitet kommer på tidsperspektivet 100 år att minska risken för översvämningar (Stockholms stad, 2010).





Figur 3. Schematisk figur som beskriver en möjlig process från utsläpp till klimatscenario och tolkning av data.

Klimatscenarioer och klimatmodeller

För att studera klimatet i framtiden gör man vanligen beräkningar i en klimatmodell. När klimatmodellen har "arbetat klart" resulterar den i ett klimatscenario. Klimatmodeller finns i olika upplösning, de globala modellerna använder sig av en skala med rutnät på ungefär 200-300 km vilket betyder att detaljrikedomen på lokal eller regional skala blir låg. För att kunna få mer detaljerad information om ett område använder man sig därför av regionala klimatmodeller. Den regionala klimatmodellen kan till vara över Sverige eller Europa på en rumslig upplösning på 50x50 km eller 25x25 km (det krävs 8 gånger mer datorkraft för varje nedskalningssteg). Utanför det område där den regionala klimatmodellen arbetar ligger randvärden från den globala modellen (SMHI, 2009a; Barring, 2010).

Som indata till en klimatmodell behöver man bland annat framtida utsläppsscenarioer. Ett utsläppsscenario är helt enkelt en ansats på hur vi tror att framtidens utsläpp av växthusgaser kommer att se ut. I IPCC Special Report on Emission Scenarios SRES (2000) presenterades fyra huvudfamiljer av utsläppsscenarioer; A1, A2, B1 och B2. De baseras på olika utvecklingsvägar för de huvudsakliga faktorerna som driver utsläppen av växthusgaser. Klimat- och sårbarhetsutredningen valde att fokusera på scenarierna A2 och B2. I A2-scenariot ges en något mörkare framtid än i B2-scenariot med avseende på mängden utsläpp (SOU 2007:60).

För att studera hur känslig regleringen och avtappningskapaciteten i Slussen är mot klimatförändringar har SMHI använt fyra klimatscenarioer. Det utsläppsscenario som valts är A1B, vilket placerar sig någonstans mitt

emellan A2 och B2. A1B är alltså inget ”worst case scenario”. Man har valt att använda sig av två olika globala klimatmodeller (ECHAM5(1) och ECHAM5(3)) och tre stycken regionala klimatmodeller (RCA3, RACMO och REMO) för att beräkna de fyra klimatscenerierna (se Tabell 7 i SMHI 2010a). En förenklad bild över arbetsgången visas i Figur 3 nedan.

För att omsätta klimatscenerierna i mer användbart material till exempel hydrologiska effekter, har SMHI använt sig av den egenutvecklade HBV-modellen.

SLUSSENPROJEKTET

I samband med ombyggnationen av Slussen har man utrett miljökonsekvenserna av en ökad avtappning från Mälaren till Saltsjön. SMHI har fått i uppdrag av Stockholms stad att föreslå en ny regleringsstrategi för Mälaren. Avsikten med den nya regleringen är att i Mälaren:

- minska risken för översvämningar,
- minska risken för låga vattennivåer,
- förhindra saltvatteninträngning, och dessutom
- eftersträva att årstidsvariationer i vattenståndet får större genomslag för att ta hänsyn till värdefulla strandnära naturmiljöer, samt om möjligt
- skapa längre perioder med strömmande vatten i Stockholms ström vid Riksbron.

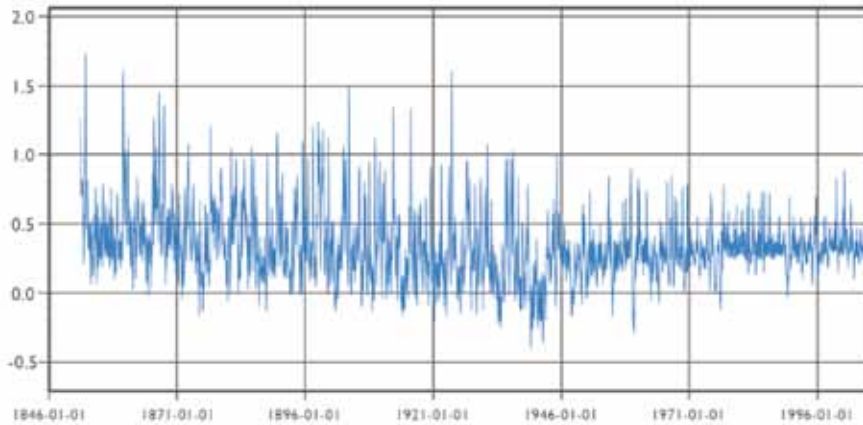
Möjligheten att släppa ut vatten från Mälaren beror dels på den rent tekniska utformningen av luckorna men även på nivåskillnaden mellan Mälaren och Saltsjön. När skillnaden är liten begränsas möjligheten till avtappning, och när skillnaden är noll blir utflödet från Mälaren detsamma. På 50 års sikt bedömdes det vara de extremt höga

flödena som utgör störst översvämningrisk, medan det på längre sikt (50-200 år) är troligt att den stigande havsnivån leder till ökande översvämningssproblem på grund av bristande möjlighet att tappa (SMHI, 2010a).

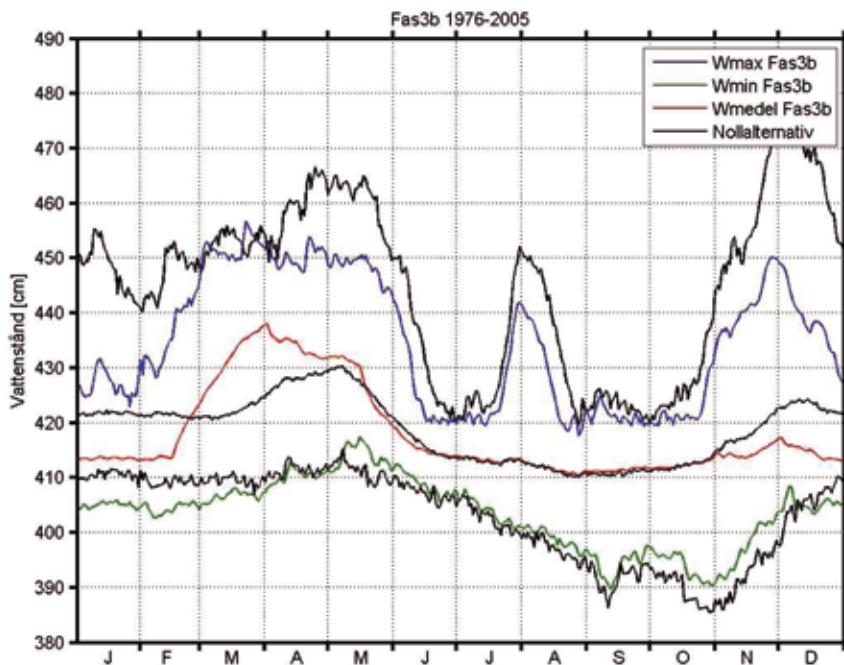
Huvudalternativet

Den nu gällande vattendomen som reglerar Mälaren antogs 1989 (Dom 1989-10-20). Den skiljer sig inte nämnvärt från 1966 års dom (Österbygdens vattendomstol nr 27/1966) och syftar till att Mälarens vattenstånd ska variera mellan 4,0 och 4,7 meter (Figur 4). Samhället kring Mälaren är väl anpassat till den vattenståndsvariationen och den nya regleringen, som kallas *huvudalternativet*, kommer därför att ligga inom samma spann (Figur 5) (Stockholms stad, 2010). Slutsatser från SMHI (SMHI, 2010a) visar att med det föreslagna huvudalternativet kommer bland annat:

- mälarens nivåer hålls under 4,70 m vid normala saltsjövattenstånd,
- risken minskar för låga vattennivåer (<4,0 m),
- inomårsvariationen ökar (jmf med nollalternativet),
- mellanårsvariationen minskar då de högsta nivåerna har sänkts (jmf med nollalternativet),
- risken minskar för översvämningar, och
- 1000-årsflöden (Q1000) i kombination med relativt höga saltsjövattenstånd ger nivåer under 4,70 m (Q1000 ger nivåer på 4,78 m).



Figur 4. Vattenståndet i Mälaren från mitten av 1800-talet fram till mitten av 1990-talet. En tydlig minskning i amplituden ser man vid mitten av 1940-talet då Mälaren börjar regleras. Skalan på den vertikala axeln är meter (Bergström m.fl., 2006).



Figur 5. Mälarens vattenstånd för varje dag på året under perioden 1976-2005. De svarta kurvorna visar nollalternativets reglering som min, medel och max. Den gröna, röda och blåa kurvan visar min, medel och max enligt huvudalternativet. Störst skillnad ser man på medelkurvan (röd) som visar på ett höjt vårvattenstånd, och maxkurvan (blå) som visar på minskat högsta högvattenstånd på vintern. Den lägsta nivån (grön kurva) visar att lägsta lågvattenstånd kommer öka något med den nya regleringen (SMHI, 2010a).

SMHI (tabell 10 i SMHI 2010a) redovisar statistik avseende perioden 1976-2005 för nollalternativet och det nya föreslagna huvudalternativet för 2018. Tydliga skillnader finns mellan högsta högvattenstånd och antalet dagar då Saltsjön (W_s) är högre än Mälaren (W_m). Antalet dagar/år då $W_s > W_m$ ökar från 0,1 till 1. Vintervattenstånden har i medeltal sänkts, medan vårvattenståndet har höjts. Den högsta vattennivån inträffar nu på våren till skillnad mot nollalternativet då den inträffar på hösten (Figur 5). De lägsta nivåerna har höjts med 4 cm jämfört med nollalternativet (Tabell 1).

SMHI har även studerat hur extremflödena kommer att påverka högsta vattenståndet i huvudalternativet. En av huvudanledningarna till att man behöver en ny reglering är just att översvämningensrisken idag är för stor. Den nya regleringen sänker avsevärt Mälarens högsta vattenstånd vid extrema flöden (Tabell 2) (SMHI, 2010a).

SMHI:s studie (SMHI, 2010a) visar även att trots en havsvattenståndshöjning på +30 cm¹ håller sig Mälarens nivå under 4,70 m i huvudalternativet. Då havets nivå höjs med +50 cm håller sig Mälarens nivå under 4,70 m i tre av fyra klimatscenarioberäkningar. Med ett ökat medelvattenstånd i Saltsjön ökar antalet dagar då Saltsjön står över Mälaren. Stiger havet +30 cm står Saltsjön högre än Mälaren 23 dagar/år jmf med 2 dagar/år utan havsvattenhöjningen. Höjs havets nivå med +50 cm ökar det till 75 dagar/år.

Tabell 1. Karakteristiska data för nollalternativet och huvudalternativet. Statistiken avser perioden 1976-2005. Vattenstånd är angivna i Mälarens höjdsystem (Data från SMHI, 2010a).

	Nollalternativ (m)	Huvudalternativ (m)	Skillnad (m) (Huvudalt. - Nollalt.)
Högsta högvattenstånd	4,78	4,57	-0,21
Lägsta lågvattenstånd	3,86	3,90	0,04
Medelvattenstånd	4,19	4,18	-0,01

Tabell 2. Statistik över Mälarens högsta vattenstånd vid extrema flöden (SMHI, 2010a).

Saltsjöns nivå = 4,08	Nollalternativ (m)	Huvudalternativ (m)
Q100	5,17	4,56
Q1000	>6,00	4,64
Q10000	>6,00	4,78

1 Det är +30 cm netto, det vill säga utan landhöjning



Figur 6. Slussen är en inte bara en knutpunkt för Stockholmstrafiken utan skiljer Mälarens söta vatten från Saltsjöns bräckta (Foto: Christina Fagergren).

Mälaren och Saltsjön

MÄLAREN

... blev en sjö

Mälaren var från början en havsvik. Landhöjningen gjorde dock att Mälaren med åren allt mer avskärmades från Saltsjön. År 1643 förses Söderström med slussar och dagens Slussen har fötts. Trehundra år senare, 1943, regleras Mälaren ytterligare genom att en låg damm byggs vid Norrström och Stallkanalen (strömmen närmast Riksdagshuset) och den första vattendomen träder i kraft. Syftet med regleringen var att förhindra översvämning och höja lågvattenstånden. Översvämningar var problematiskt för jordbruket och låga lågvattenstånd var problematiskt för sjöfarten. Dammen minskade också inflödet av saltvatten som tidigare kunnat tränga in ända till Lambarfjärden och Södra Björkfjärden. 1966 förbättras regleringen ytterligare då man skapar en dammlucka i Stallkanalen (Degerman & Ekman, 2004). Det innebar att högvattenstånden sänkes ytterligare och att lågvattenstånden höjdes ännu en bit. Dagens dom antogs 1989 (Dom 1989-10-20), men skiljer sig inte nämnvärt från 1966 års dom.

... hyser stora naturvärden

Mälaren är till sin karaktär en unik insjöskärgård med ca 8000 öar. Den är relativt grund och har ett djup på mindre än 3 meter i drygt 20 procent av sjön (Tabell 3). Mälaren har sex stycken tydligt avgränsade bassänger, vilket delvis beror på de rullstensåsar som löper i nord- sydlig riktning. Sjön hyser många stora naturvärden, och är ett riksintresse enligt tredje och fjärde kapitlet i miljöbalken med hänsyn till de natur- och kulturvärden som finns (Koffman m.fl., 2008; Calluna, 2010).

Tabell 3. Basdata för Mälaren (nivåer i Mälarens höjdsystem se Bilaga 2, källa SMHI 2010a)

Egenskap	Storlek
Avrinningsområdets areal inkl sjöarea	22 650 km ²
Sjöarea	1 140 km ²
Volym	14,3 km ³
Medeldjup	12,8 m
Största djup	66 m
Medelvattenstånd (1976-2005)	4,18 m
Högsta nivå under reglerad tid (dec 2000)	4,73 m
Lägsta nivå under reglerad tid (okt 1976)	3,72 m

... försörjer 2 miljoner människor med dricksvatten

Ett mycket högt värde kan sättas på Mälaren ur dricksvattensynpunkt. Mälardalens utnyttjas nämligen av drygt 2 miljoner människor i Mälardalen och Stockholmsregionen som dricksvattentäkt. Flera stora ytvattenverk använder Mälarens som råvatten. De flesta ligger placerade i de östra bassängerna. Ur kapacitetssynpunkt är det möjligheten att ta in vatten till vattenverken som styr, och det är vattennivån vid intagsanordningarna som är den begränsande faktorn. Det är därför ur dricksvattensynpunkt viktigt att Mälaren inte får för låga vattenstånd (Tyréns, 2010).

KLIMAT IDAG OCH IMORGON

Det är många klimatfaktorer som påverkar vatten- och naturmiljön; nederbörd, snöutbredning, lufttemperatur, vattentemperatur, isutbredning, avrinning, salthalt, flödesmönster etc. Nedan beskrivs kortfattat några av de viktiga klimatfaktorerna.



Figur 7. Klimatforskning pekar mot ett framtida klimat med ökad årsnederbörd (Foto: Filippa Lagerblad).

Temperatur

Mycket pekar på att temperaturen i Stockholm kommer att stiga inom ett 100-års perspektiv. SMHI beräknade för Slussenprojektet en förväntad ökning av temperaturen med hjälp av fyra klimatscenarier (se sida 6). SMHI har gjort ännu nyare beräkningar som bygger på sexton klimatscenarier och de pekar också mot ett varmare Stockholms län. Att uttala sig om exakt hur mycket temperaturen kommer att stiga ett visst år är en omöjlighet då scenarier, tillskillnad mot prognoser, inte kan användas för enskilda tidpunkter. Men det är med den information som finns idag med största sannolikhet så att vintertemperaturen kommer att öka mest, eventuellt med så mycket som 6-7°C till år 2100. Vår-, sommar- och hösttemperaturen beräknas också stiga. Här pekar forskningen mot runt 4-5°C ökning mot slutet av seklet (SMHI, 2010a; SMHI, 2011).

Faktaruta 1: Vattenbalansekvationen

I större delen av Sverige avdunstar mer än hälften av årsnederbörden. Ökade temperaturer innebär en större avdunstning. Avdunstningen beror även på markfysik, vegetation, luftfuktighet, m.m. Det är därför svårt, och inte heller korrekt, att bara genom att titta på nederbörden säga att avrinningen till Mälaren kommer att öka. Avrinningens variation är ungefär lika stor som nederbördens, men avrinningen är i relation till nederbörden mycket mindre, vilket betyder att den relativa variationen hos årsavrinningen är betydligt större än hos årsnederbörden (Grip och Rodhe, 2003).

Vattenbalansekvationen: $P = E + R + \Delta S$,
 P = nederbörd, E = avdunstning, R = avrinning,
 ΔS = magasinering (Grip & Rodhe, 2003).

Nederbörd och tillrinning

Nederbörden i Stockholms län beräknas likt temperaturen att öka med klimatförändringarna. Den största ökningen ses på vintern då avvikelsen kan bli så stor som 20 procent mer nederbörd 2100 jämfört med medelnederbörden 1961-1990 (SMHI, 2011). Under våren ser man också en ganska markant trend mot ökad nederbörd, medan hösten och sommaren ger en osäkrare trend. Den totala årsnederbörden bedöms med största sannolikhet öka. All nederbörd, i form av snö eller regn, i Mälarens avrinningsområde hamnar inte i Mälaren (Se Faktaruta 1). Studier genomförda för Slussenprojektet visar att årsavrinningen till Mälaren i ett framtida klimat beräknas minska. Även nyare studier baserade på sexton klimatscenarier pekar åt samma håll. Det bör dock tilläggas att spridningen mellan scenarierna är stor (SMHI, 2011).

Den ökade nederbörden under vintern innebär troligtvis att vi utan förändrad reglering skulle få se höjda nivåer i Mälaren framöver under vinterhalvåret. Den nya regleringen genom huvudalternativet kommer att sänka vinternivåerna (november-februari) i Mälaren något (Figur 5). Med ökad temperatur beräknas mer nederbörd under vintern komma som regn vilket betyder att snömagasinet kommer att minska. Idag faller cirka 20 procent av årsnederbörden i Svealand som snö (Grip & Rodhe, 2003). Till 2080-talet visar studier av SMHI (med utsläppsscenario A2) att det endast faller några decimeter snö på hela vintern i stora delar av Svealand (SOU 2007:60). Ett mindre snömagasin betyder även minskad vårfloed. Åarna i Skåne har maximal avrinning under december eller januari, och kanske är det så vi i Svealand kommer få det framöver.

Vattentemperatur och isläggning

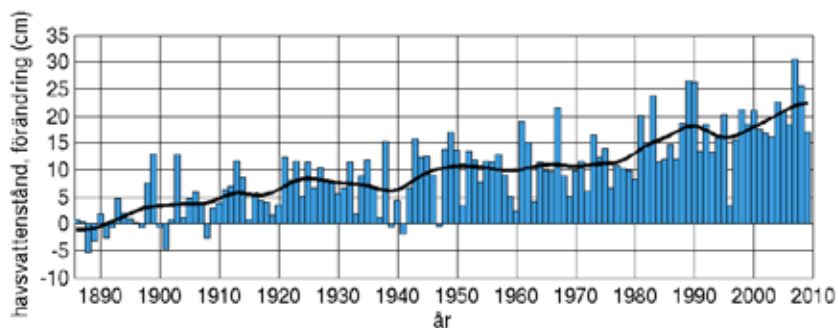
Medelhöjningen av ytvattentemperaturen i Östersjön beräknas fram till år 2100 stiga med 2,8°C (Bilaga 1). Studier på Mälarens framtida temperatur är ej gjorda så vitt det här projektet känner till. Men med den stigande

lufttemperaturen är det stor sannolikhet att vattentemperaturen i Mälaren kommer bli varmare. En varmare vattentemperatur och högre lufttemperatur påverkar isen utbredning och varaktighet. Till exempel så ägde islossningen i Mälaren rum omkring mitten av april 1963-1988, medan den åren 1988-1998 ägde rum från mitten av mars, alltså en hel månad tidigare (Wallin, 2000). Även SOU 2006:94 belyser att tidpunkten för islossning troligtvis kommer starta tidigare. Vintern 2007/2008 var Mälaren inte istäckt.

Havsvattenstånd och landhöjning

Vattenståndshöjningen i Stockholm följer medelvärdet för Östersjön (Hammarklint, 2009).

Nettoeffekten av havsvattenhöjningen i Stockholm beräknas genom förhållandet mellan landhöjning och havets stigning. Under 1900-talet steg havet med ungefär 1,7 mm/år (Figur 8). Landhöjningen i Stockholm beräknas vara ungefär 5,2mm/år vilket gav en nettohöjning på ca 3,5 mm/år. Idag stiger havet med en hastighet av drygt 3mm/år vilket ger oss en nettohöjning på ca 2,2 mm/år. År 2050 har SMHI bedömt att havsnivåstigningen är



Figur 8. Havsvattenståndets förändring i centimeter för 14 mätstationer runt om Sveriges kust sedan 1886. I diagrammet har landhöjningens påverkan korrigerats (SMHI, 2010b).

+30 cm globalt. Marginalen mellan Mälaren och Saltsjön kommer då att minska och vi har nått en kritisk punkt mellan landhöjning och havsnivåstigning där de tar ut varandra (Figur 9). +1 meters höjning av vattennivån fram till år 2100 gör att marginalen till havet minskar ytterligare till drygt 20 cm (Tabell 4) (se Bilaga 3 för högsta bedömda havsvattennivåhöjningar med låg sannolikhet att inträffa till slutet av seklet).

Erosion

Erosion är den process då material mekaniskt bryts ner, av till exempel vind, is, vatten och vågor, och förflyttas från stranden eller botten i vattendrag eller längs kuster. Erosion och sedimentation är en ständigt pågående naturlig process men som kan störas av mänskliga aktiviteter, exempelvis genom konstruktioner i vatten. Klimatförändringarna medför en ökad nederbörd som i sin tur leder till mer vatten i vattendragen vilket i sin tur medför ökad erosionsrisk (SGI, 2011). Den här rapporten kommer inte att gå närmare in på vilka erosionsförutsättningar som finns runt Mälaren, men ur ett natur- och vattenmiljöperspektiv är det ändå intressant att belysa erosionsfrågan särskilt med tanke på Mälarens unika strandängar.

I Slussenprojektet har erosionsfrågan översiktligt studerats i samband med den ökade avtappningen. Bedömningen gjordes att erosion till följd av en ny reglering är obetydlig på de naturstränder som finns i Stockholms stad (Koffman *m.fl.*, 2008). En färsk rapport från Statens geotekniska institut (SGI) utreder vilka riskområden för skred, ras, erosion och översvämning som föreligger i Stockholms län med de förväntade klimatförändringarna. Resultatet från den rapporten tas inte upp här utan slutrapporten kommer i januari 2011 (SGI, 2011).

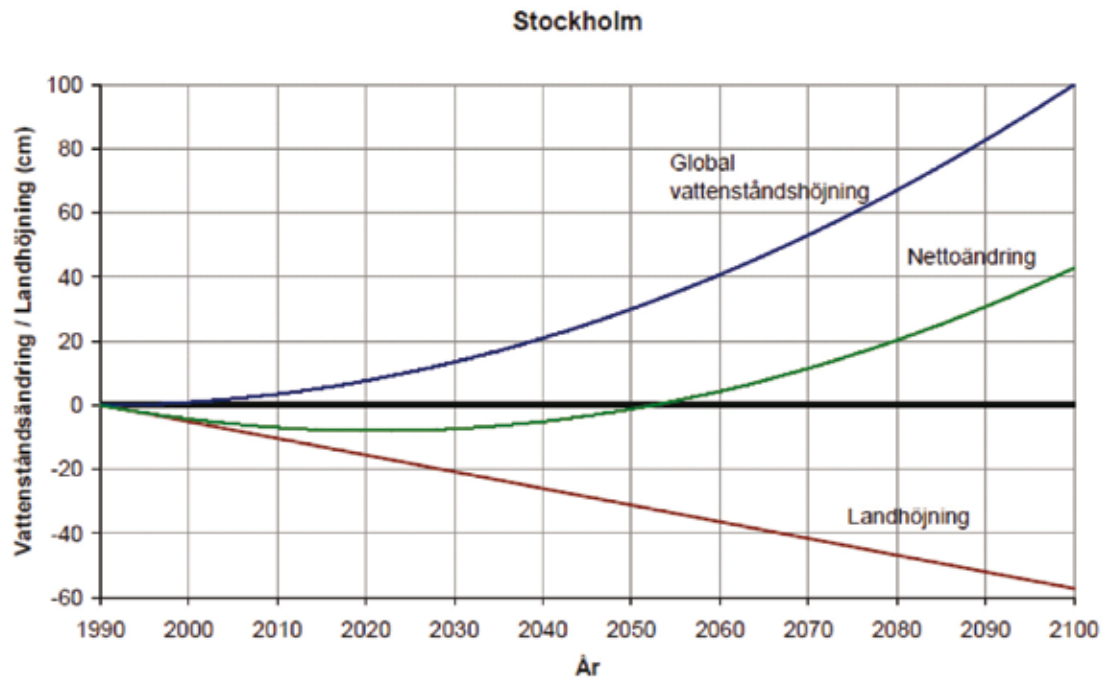
Saltvatteninträngning

Vid låga nivåer i Mälaren och en höjd medelvattennivå i Saltsjön finns det risk för saltvatteninträngning i Mälaren. Med huvudalternativet höjer man de lägsta nivåerna i Mälaren och sänker således risken med saltvatteninträngning under perioder med låga vattennivåer. Salthalten i innerskärgården påverkas främst av två faktorer; det söta vattnet från Mälaren och det saltare vattnet från Saltsjön. Mötet mellan de två vattenmassorna sker främst vid Oxdjupet (ett djupt sund mellan Rindö och Värmdö). Om mängden sötvatten från Mälaren är mycket stor kan en tillfällig blockering av Oxdjupet ske vilket kan innebära att salthalten i innerskärgården minskar.

Tabell 4. Mälarens marginal till Saltsjön om 100 år (Nerheim, 2010).

Dagens marginal	+70 cm
Landhöjning på 100 år	+52 cm
Global havsnivåhöjning	-100 cm
Marginal om 100 år	22 cm

Figur 9. Illustration över hur havsvattenståndshöjningen och landhöjningen i Stockholm kan utvecklas. År 2050 inträffar brytpunkten då havets höjning går fortare än landhöjningen vilket för Stockholms del betyder att Saltsjön och Mälarens nivåer börjar närma sig varandra (SMHI, 2010a).



Klimatförändringarnas effekt på vatten- och naturmiljö i Mälaren och Saltsjön

Effekter av klimatförändringar på biologisk mångfald måste bedömas i relation till effekterna av andra omgivningsfaktorer som till exempel hur vi människor nyttjar våra naturresurser. Det är även viktigt att inse att när vi förändrar vårt resursnyttjande för att anpassa det till klimatförändringar kan anpassningarna i sig utgöra ett hot för den biologiska mångfalden (SOU 2007:60 Bilaga 30). Det är flera faktorer som är viktiga för anpassningsåtgärder bland annat ekonomi, sociala konsekvenser och biologisk mångfald. Några exempel på vad klimatförändringarna skulle kunna få för konsekvenser på våra ekosystem är:

- Migrering av klimatzoner
- Invandring av nya arter
- Ändrat konkurrensförhållande
- Utslagning av nuvarande arter
- Ändrat säsongsberoende beteende
- Förändrad artsammansättning

VATTENMILJÖ

Vattenkvalitet

Näringsämnen och humus

Vissa menar att sjöar och vattendrag kommer få högre halter av humus och näringsämnen med klimatförändringarna och därför måste dricksvattenreningen förbättras (Hedlund, 2010). Den nya regleringen av Mälaren innebär

en högre vårvattennivå, vilket skulle kunna medföra en ökning av utläckaget. Hur stora förändringarna av utläckage av humus och näringsämnen är från översvämmad mark är svårbedömd (Tyréns, 2010). Dock utgör skillnaden i regleringen en marginell påverkan jämfört med de stora mängder näringsämnen och humus som tillförs Mälaren totalt från avrinningsområdet. Stockholms läns vattendrag är mycket näringsrika och halterna fosfor är särskilt höga. En anledning är att en stor andel av marken i Stockholms län består av silt- och lerrika jordar som har stor benägenhet att förlora fosfor med avrinnande vatten (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2010).

Vid en ökad avtappning från Mälaren finns behov av att utreda om och hur närsalterna i Stockholms inner- och mellanskärgård kommer förändras. Att redogöra för vattenutbytet i skärgården är en komplex uppgift, än mer komplex är det att redogöra dynamiken för vattenburna närsalter (Engqvist, 2009). I ett uppdrag för Slussenprojektet modellerades närsaltkoncentrationerna av kväve (TN), fosfor (TP) och deras oorganiska fraktioner (DIN respektive DIP) och detta jämfördes mellan olika avtappningsscenarioer (Engqvist, 2009). Studien visade att de modellerade månadsmedelvärdesbildade förändringarna i ytvattnets TN- och TP-koncentrationer låg inom ± 5 procent för huvudalternativet jämfört med nollalternativet. På större djup visade däremot studien att skillnaderna kortvarigt kunde uppgå till ± 20 procent. Dessa beräkningar har inte tagit hänsyn till förändrade förhållanden i vattentäktens tillrinningsområde (Engqvist, 2009).

Salthalt

Salthalten är den faktor som har störst betydelse för artantalet i akvatiska system, och det högsta antalet arter finner man i områden med hög salthalt. Det lägsta antalet arter finner man i brackvatten, och det är också det system där påverkan om någon art försvinner blir som störst. Det finns kanske ingen ersättare för den art som försvann och systemet kan då hamna i en obalans som kan vara svår att komma tillrätta med.

En extrem tappning från Mälaren kommer att reducera salthalten i innerskärgårdens ytvatten (Engqvist, 2009). Den kortvariga utstötningen bedöms få små negativa konsekvenser för innerskärgårdens fauna och flora (Stockholms stad, 2010). De ytnära habitat som förväntas vara exponerade för de förändrade sötvattensflödena och varierade salthalt kommer att utredas närmre. Medvetenheten finns om att den höjda havsnivån utgör ett hot för saltvatteninträngning i Mälaren vilket utgör en risk för bland annat dricksvattenförsörjningen. Om havet skulle stiga är det därför viktigt att det sker tätningar och höjning av luckor på fler platser än Slussen/Söderström. Den nya Slussenanläggningen är anpassad till en teknisk livslängd och höjda havsvattenstånd på cirka 100 år (Stockholms stad, 2010).

Erosion av bottnar

Vattenområdet i Stockholms innerstad är idag starkt modifierad och påverkad. Vattenmiljön är påverkad av såväl båttrafik som andra typer av föroreningar från bland annat dagvatten. Huvudalternativet med höjda flöden från Mälaren till Saltsjön kan påverka förhållanden vad det gäller frisättning av föroreningar och grumling till följd av erosion av sediment. Slussenutredningen visar på att de kortvariga höga flödena som kan bli aktuella skulle på lång sikt utgöra små negativa konsekvenser för vatten-

miljön i Östra Mälaren, Saltsjön samt inner- och mellanskärgården. De förhöjda flödena kan även påverka bottenfaunan på de områden som är utsatta för erosion, men bottenfaunan har möjlighet att återkolonisera efter ett scenario med förhöjda flöden. Konsekvenserna för bottenfaunan bedöms i huvudalternativet på lång sikt som obetydliga (Stockholms stad, 2010).

Alger

En tidigare värcirkulation och stratifiering (när vattenmassor med olika salthalt eller temperatur bildar lager eller skikt i en sjö eller ett havsområde) kan leda till ökad mängd cyanobakterier (blågröna alger). Orsaken till detta är att de övre lagren får ett överskott av fosfor som ger cyanobakterierna möjlighet att växa till. En modell över alg tillväxt visar på att tillväxten främst beror på temperaturförändringen och till mindre del på ett förändrat näringsflöde från avrinningsområdet (Koffman *m.fl.*, 2008b). Cyanobakterier är problematiska bland annat för att de kan bilda gifter och förvärra eutrofieringen (övergödning). Bland växtplankton finns en stor säsongsvariation där olika arter plankton dominerar under olika säsonger. Variationer beror på temperatur, näringstillgång, ljusställning med mera. Det ryms inte inom ramen för detta projekt att undersöka hur säsongsdynamiken bland växtplankton kan påverkas av klimatförändringarna, dock kan man troligtvis förvänta sig en förändrad dynamik.

Bottenfauna

År 2008 inventerades bottenfaunan upp- och nedströms Slussen inför ombyggnationen (Medins Biologi AB, 2008). Slutsatser från inventeringen är att statusen uppströms Slussen bedöms som god eller hög. Nedströms Slussen är bottenfaunan artfattig och den helt dominerade arten är havsborstmasken *Marenzelleria neglecta*

(det finns idag flera mycket lika arter som kan vara svåra att särskilja från varandra) (Medins Biologi AB, 2008). Det är en invandrad art som har brett ut sig över Östersjöns botten mycket snabbt under de senaste femton åren. Den lever i sedimenten och tål låga syrekoncentrationer vilket gör den konkurrenskraftig i övergödda havsområden (Frammandearter.se, 2010). *Marezzelleria neglecta* och dess koppling till klimatförändringarna har inte studerats närmare i den här rapporten.

Järn och fosfor

Järn spelar en viktig roll i fosforkretsloppet. Då järn reduceras i en syrefri miljö frigörs fosfat. Syrebrist i bottenvattnet sommartid skulle alltså öka risken för utlösning av järn, mangan och fosfor från bottensedimenten (Svenskt Vatten, 2007). Slussenutredningen visar på att halterna föroreningar i ytvattnet i centrala Stockholm tillfälligtvis kan öka under erosionsepisoderna med huvudalternativet. Man bedömer dock att bidraget från erosion jämfört med övriga metaller i ytvatten är mycket lågt (Stockholms stad, 2010).

Dricksvatten

Sverige är generellt ett gynnat land när det gäller dricksvatten. Men med klimatförändringarna kommer behovet av att anpassa och förbereda oss för nya eller ökade förekomster av vatten med en sämre kvalitet bli nödvändigt. I Mälardalen och Stockholmsregionen finns det ingen alternativ vattenresurs i närheten som kan ersätta Mälaren i storleksordningen att försörja dryga två miljoner människor med dricksvatten. Riskerna för vattenburen smitta genom parasitära protozoer och virus bedöms nu som större och kommer sannolikt att öka ännu mer på grund av klimatförändringarna. Kemiska föroreningar av olika slag utgör också ett hot mot vattentäkterna. Vid ex-

empelvis extrem nederbörd, skyfall eller översvämningar finns stor risk för att föroreningar mobiliseras och sprids (Svenskt Vatten, 2007).

Påverkansfaktorerna kan vara punktvisa eller diffusa, vara tillfälliga eller kontinuerliga. Till de diffusa hör bland annat översvämningar och urlakning. Stigande vattennivåer och ökad ytavrinning kan i större utsträckning medföra utläckage från förorenade områden. Då bättre höjddata blir tillgängligt kan en mer detaljerad bild av var riskerna med förorenade områden är störst tas fram. Med huvudalternativet sker inga översvämningar av strandområden under normaldrift och upp till en 1000-årstillrinning av vatten till Mälaren (enligt de modellerade resultaten). Detta är alltså positivt ur dricksvattenperspektiv. Kapaciteten på dricksvattentäkterna kan begränsas vid riktigt låga nivåer. Mälarens lägsta nivå kommer med huvudalternativet att höjas 4 cm, vilket är positivt ur dricksvattensynpunkt (Tyréns, 2010).

Då dagens avtappningskapacitet (nollalternativet) inte klarar av att hålla Mälarens nivåer under 4,7 m vid mycket stor tillrinning kan det leda till att stora områden översvämmas. Vid vattenstånd över 6 meter skulle cirka 155 förorenade (potentiellt förorenade) områden översvämmas. Det kan jämföras med att 43 förorenade områden kan översvämmas vid nivåer på 4,8 m (Tyréns, 2010). Dessutom skulle enligt delbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2006:94) vattenverket i Enköping, Djupdal (Södertälje) och Eskilstuna översvämmas vid nivåer upp mot 6 m. Huvudalternativet skyddar Mälaren från föroreningar från översvämningar och utsläpp upp till ett 1000-årsvattenstånd, alltså under 4,7 m. Vid ett 10 000-årsvattenstånd minskar riskerna jämfört med nollalternativet även om nivåerna kan överstiga 4,7 m då vattenståndet i Saltsjön är relativt högt.

Faktaruta 2: Ekologiska flöden som ett verktyg för klimatanpassning

Redan så tidigt som 1442 införde man i Svensk lagstiftning något som kom att kallas för Kungsådran. Kungsådran motsvarade en tredjedel av det strömmande vattnet som skulle få strömma fram fritt utan påverkan från antropogena verksamheter. I 1918 års vattenlag infördes begreppet skäligt bruk i svensk lag och vattenkraftsindustrin började växa sig stark och mäktig (Jakobsson, 1999). I samband med detta försvann Kungsådran. Idag är ett nytt begrepp på frammarsch – miljöanpassade flöden (eng. environmental flows). I stora drag innebär det samma sak som Kungsådran; att man bevarar en viktig del av den naturliga flödesregimen för ekosystemen. Miljöanpassade flöden kan bli en viktig faktor för hur stor resiliens våra vattendrag har för att klara av klimatförändringar (Seminarium: Environmental flows as a tool for climate change adaptation, 2010-11-23, Swedish Water House).

Vattendrag

Med en ökad avdunstning kommer uttorkningen av vattendrag bli mer markant. I värsta fall kan uttorkningen leda till att vissa sträckor helt torrläggs och blir avsnörda från varandra. Om nederbördsvariationen dessutom ökar innebär det mer instabila förhållanden under vegetationsperioden. Detta kan gynna vissa arter och missgynna andra. Exakt hur olika delar av ekosystemet påverkas av en förändrad flödesregim är fortfarande relativt outforskat (se Faktaruta 2). En naturlig flödesregim är ur ett ekosystemperspektiv det bästa, och kanske också det system som är mest flexibelt att anpassa sig till klimatförändringar.

Många av våra vattendrag tar emot dagvatten. Vid mer extrema nederbörds mängder finns risk att grumligheten i vattendragen kommer att öka vid utsläppspunkten.

Dessutom kan dagvattnet föra med sig mer närsalter, skadliga föroreningar och andra partiklar som påverkar vattendragen negativt. Ökad nederbörd kan också leda till en större risk för stranderosion.

Fisk

Mälaren och de nedersta delarna av dess tillflöden hyser 35 fiskarter, varav 8 är rödlistade till exempel asp, flodnejonöga och ål enligt ArtDatabanken. Fiskbeståndet i Mälaren består främst av varmvattenarter som leker på grunt vatten på våren. Bland våra varmvattenälskare finns bland annat abborre, gädda och mört, som kommer att gynnas av ett varmare vatten. Kallvattenarterna till exempel öring, hornsimpa och nors kommer däremot att missgynnas av ett varmare vatten. Ett varmare vatten ökar även mängden växt- och djurplankton vilket gynnar fiskens tillväxt. Men vissa arter, till exempel hornsimpan, känslig för låga syrehalter, vilket en ökad eutrofiering kan resultera i. Syrebrist kan även uppstå när stratifieringen ökar (Koffman *m.fl.*, 2008; SOU 2006:94).

Naturliga vattenståndsvariationerna i Mälaren skulle gynna ett flertal fiskarter, och faktiskt inte direkt missgynna någon fiskart (Koffman *m.fl.*, 2008). Den främsta skillnaden mot dagens reglering är höjda vårflöden, vilket skulle resultera i små gynnsamma översvämningar av grunda områden, till exempel vikar och stränder, på våren och försommaren. Många fiskar går på våren upp i grunda vikar och på så sätt skulle de gynnas av vår- och försommaröversvämningarna.

Saltvatteninträngning i Mälaren

Skulle havsnivån stiga till den höjd att stora saltvatteninträngningar möjliggörs och inte kan undvikas kommer Mälarens ekosystem att kraftigt påverkas. Till vilken grad som Mälaren skulle påverkas är svårt att förutspå, men

det naturliga ekosystemet skulle sättas helt ur spel om det återigen blev en havsvik. Saltvatten skulle inte bara förstöra Mälaren som dricksvattentäkt, det skulle även orsaka stora problem med syrefria bottenar och en ökad eutrofiering som följd.

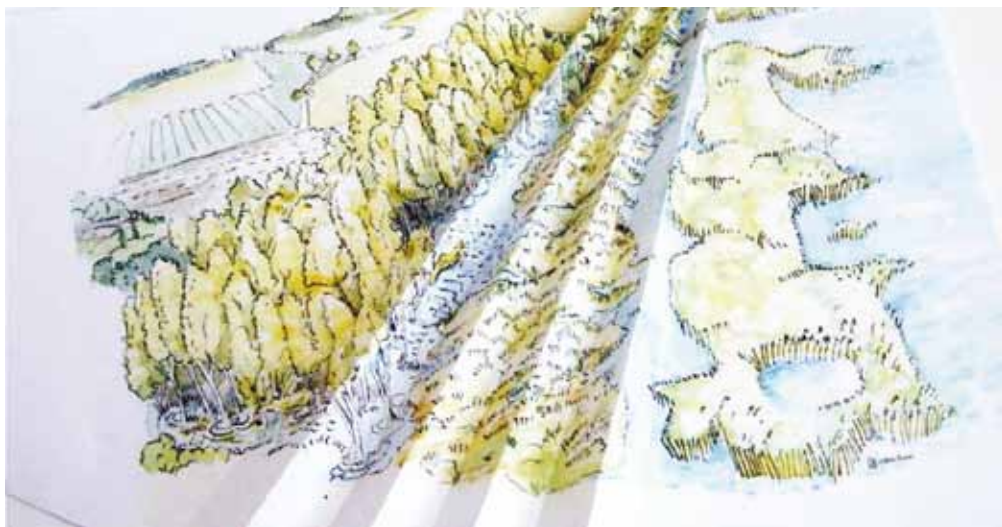
En förstudie, initierad av länsstyrelserna kring Mälaren, till hur Mälaren i framtiden kommer att behöva anpassas till följd av en höjd havsnivå beräknas vara klar under våren 2011.

NATURMILJÖ

Sett ur ett biologisk mångfalds perspektiv har de senaste 100 årens omvälvning varit starkt negativ för Mälaren. En historisk analys visar att endast en bråkdel av de betydelsefulla strandekosystemen återstår (Koffman *m.fl.*, 2008). En viktig anledning till detta är att den naturliga vattenregimen ersatts med en reglerad. Calluna AB har i uppdrag av Stockholms stad utrett konsekvenser på naturmiljön (strandzonen längs Mälaren och Saltsjön) av en

ändrad reglering (Koffman *m.fl.*, 2008; Calluna, 2010). En ny reglering ger således bara konsekvenser för den del av Mälarens naturmiljöer som är beroende eller påverkas av en vattenregim och det är i huvudsak de strandnära ekosystemen. Klimatförändringarna kan däremot påverka ett större område.

Den nu gällande regleringen, och den nya föreslagna regleringen, för Mälaren innebär att nivåerna ska hållas inom spannet 4,0 till 4,7 m (Mälarens höjdsystem). Det medför att en mindre areal blir svämmade på våren och en mindre del torkar upp vid extremt lågvatten under torrperioder (< 4,0 m) jämfört med Mälaren i oreglerat tillstånd. Slutsatsen av den nya regleringen som föreslås i huvudalternativet innebär i huvudsak positiva konsekvenser för de strandnära naturmiljöerna eftersom man tagit större hänsyn till den naturliga vattenståndsvariationen över året (Calluna, 2010). Det finns alltså förutsättningar för att återskapa bättre förutsättningar för naturmiljön och den biologiska mångfalden, vilket man



Figur 10. När Mälaren började regleras minskade vattenståndets amplitud. Det innebar att de strandnära habitaterna som var beroende av vattenståndsvariationerna trycktes ihop och således kraftigt minskade i utbredning. 2/3 av strandängarna är idag ihoptryckta (figur från Calluna, 2010).

i klimat- och sårbarhetsutredningen även poängterade kunde vara möjligt med en ny reglering. Den nya regleringen antas således dämpa några av de negativa effekterna av klimatförändringarna.

Strandnära ekosystem - svämlövskogar, strandskogar, sumpskogar och strandängar

Några av de viktigaste faktorerna som påverkar strandnära ekosystem är medelvärden för vårhögvatten och sommarlågsvatten samt vatten-standsvariationer (inom- och mellanårsvariation). När Mälaren började regleras trycktes strandhabitat ihop (Figur 10). Ihoptryckningen av strandnära habitat minskade dess utbredning och var negativt ur flera aspekter.

Mälaren hyser en betydande del av landets strandängar. Om Mälarens nivå i framtiden behöver höjas för att förhindra risken för saltvatteninträngning finns det risk att de strandnära ekosystemen trycks ihop ännu mer

eftersom det finns fysiska begränsningar (till exempel väggar och bebyggelse) uppåt.

Barrträd missgynnas generellt av översvämningar. Därför dominerar lövträd i svämlövskogar, strandskogar och sumpskogar. Information över hur förändringen av dessa skogar har sett ut kring Mälaren har inte hittats (Calluna, 2010). Men enligt Calluna kan man misstänka att den uteblivna och kraftigt minskade vattenstandsvariationen, samt upphört bete, har lett till att svämpåverkade skogar har blivit tätare av gran och sly. Däremot så har igenväxningen av strandängar å andra sidan skapat nya unga strandskogar som i sin tur skulle kunna utveckla de naturvärden som återvinns i äldre sväm- och strandskogar med en mer naturlig vattenstandsvariation. Hur de strandnära ekosystemen påverkas av en högre temperatur och förändrad nederbörd har ej studerats inom ramar för Slussenprojektet.

Figur 11. Vassen påverkas av vattenstandsvariationer, men det är svårt att säga om den kommer gynnas eller missgynnas av den nya regleringen och klimatförändringarna (Foto: Filippa Lagerblad).



Växter över och under vattenytan

Islyftning är ett begrepp som ofta diskuteras i samband med vassens utbredning. Islyftning innebär att is som bildats under kalla perioder med låga vattennivåer bryts upp då vattennivån stiger. Uppbrytningen kan innebära att vass som är fastfusen bryts av eller rycks upp och på så sätt mekaniskt rensas bort. Med varmare vintrar är det troligt att islyftningsprocessen kommer att minska. Dock visar studier på att islyftningen i Mälaren troligtvis inte har varit ett särskilt förekommande fenomen. Effekten av islyftning på strandzonen bedöms därför som marginell jämfört med effekten av en förändrad vattenamplitud (Koffman *m.fl.*, 2008). I områden med stark vindpåverkan kan makrofyter ha svårt att etablera sig. Hur klimatförändringarna kommer att påverka vindförhållandena är i dagsläget relativt osäkert.

Vass skulle gynnas av att vattennivåerna på vår och sommar blir lägre eftersom vassfrön inte kan gro under vatten. Den nya regleringen av Mälaren verkar för höjda vårvattennivåer, medan klimatförändringarna pekar på sänkta sommarnivåer, vilket alltså teoretiskt både skulle missgynna och gynna vassens utbredning (Figur 11). Vass börjar gro efter ett par dagar med stor temperaturamplitud. Ser vi en framtid med fler extrema temperaturväxlingar skulle detta kanske kunna trigga vassen att gro tidigare. Skotten är dock mycket frostkänsliga och en tidig tillväxt kan vara förödande. Sammanfattningsvis skulle ett varierande vattenstånd innebära att vassens utbredning begränsas, eftersom den är känslig för både höga och låga vattennivåer (Koffman *m.fl.*, 2008). Se gärna Koffman *m.fl.* (2008) för en mer ingående analys av vad som påverkar vassens etablering och utbredning.

Siktdjupet och växternas tillgång till ljus hänger ihop, och undervattensvegetation är främst begränsad av tillgången till ljus. En ökad näringstillförsel leder till ökad

grumlighet, vilket alltså begränsar utbredningen av undervattensvegetation. Blir näringstillförseln från markavrinning eller stora dagvattenutsläpp större i ett framtida klimat påverkar det alltså undervattensvegetationen negativt. Störningar från fartyg och annan båttrafik kan också påverka undervattensvegetation, vilket man observerat i Mälaren (Koffman *m.fl.*, 2008). Den ökade inomårsvariationen med huvudalternativet gynnar undervattensväxter, medan den minskade mellanårsvariationen missgynnar dem. Därför bedöms konsekvenserna av den nya regleringen inte nämnvärt skilja sig från dagens reglering (Calluna, 2010).

I ett framtida klimat är det troligt att vissa arters reproduktionstider förskjuts till tidigare på året. Till exempel kan flyttfåglar tänkas komma tidigare och stanna längre (Koffman *m.fl.*, 2008). Denna fråga har inte utretts närmre inom Slussenprojektet.

Diskussion

I miljökonsekvensbeskrivningen (Stockholms stad, 2010) för den nya regleringen av Slussen är det nollalternativet som konsekvensbeskrivs för respektive miljöaspekt som ett prognostiserat nuläge från år 2018. Konsekvenserna för natur- och vattenmiljön bedöms alltså på skillnaden mellan nollalternativet och huvudalternativet. Bedömningen baseras på dagens klimatförhållanden, skötsel och markanvändning. Initialt hade man tänkt göra en klimatanpassad reglering, men det visade sig vara allt för stora osäkerheter kopplade till framtida klimatscenarier för att fatta ett sådant beslut. Vattenanläggningarna i Slussen och avtappningskapaciteten är beräknade att fungera för ett framtida klimat på cirka 100 år sikt.

Regleringsmässigt är det idag föreslagna huvudalternativet anpassat till dagens klimat, men regleringen kan komma att ändras för att bättre passa ett framtida klimat. Sedan 1940-talet har regleringen av Mälaren justerats ungefär vart 20:e år. Bedömningen är att man med den nya regleringen har bättre möjlighet att anpassa sig, eller stå emot, klimatförändringarna under detta sekel. Utredningen visar att regleringen är relativt robust när det gäller att klara av de förändringar i vattentillrinningen till Mälaren som kan uppstå om klimatet förändras.

På andra sidan Slussen ligger Saltsjön (havet), som idag stiger snabbare till följd av klimatförändringarna. Landhöjningen i Sverige har kompenserat för havsnivåhöjningen, men runt år 2050 kan avståndet mellan Mälaren och Saltsjön börja krympa eftersom havsnivåhöjningen då förväntas börja överstiga landhöjningen. Ett av de största problemen om nivån i Saltsjön överstiger Mälarens nivå är att saltvatten då kan tränga in i Mälaren, och avtappningen från Mälaren försvaras av att havet verkar som en mothållande kraft. Flera studier pekar mot en

global havsnivåhöjning på +1 meter som ett värsta scenario med låg sannolikhet att inträffa fram till år 2100, vilket skulle innebära att nivån mellan Mälaren och Saltsjön endast blir 20 cm.

Med nya Slussen och den nya regleringen är man på tidsperspektivet 100 år bättre förberedd för höjda havsnivåer. Genom tätare och högre luckor och en ny reglering förhindrar man att saltvattnet strömmar in. Detta beräknas, liksom konstruktionen, hålla cirka 100 år.

Behöver vi höja Mälaren för att förhindra saltvatteninträngning kommer strandnära biotoper som till exempel strandängar och fuktlövskogar att trängas undan. För att naturen ska få möjlighet att utveckla nya biotoper är det viktigt att de områden som finns ovanför dagens strandlinje möjliggör detta. Till stor del är dock dessa ytor redan idag ianspråktagna, vilket gör det ännu viktigare att skydda de områden som ännu finns kvar (Eklund, 2007). Strandzoner och våtmarker har en viktig buffrande roll genom att ta upp näring och partiklar som tillförs från land vid avrinning. Skulle vi i ett framtida klimat få en ökad medeltillrinning kan halterna av näringsämnen öka vilket skulle kunna leda till ökad eutrofiering.

Ur natur- och vattenmiljöperspektiv är den nya regleringen positiv eftersom man tar större hänsyn till de naturliga vattenståndsvariationerna. Ett exempel på en viss klimatkompenserande åtgärd kan ses i att man nu på reglerad väg kan skapa en liten vårflod, om den på naturligt sätt skulle utebli (dock inget man har diskuterat inom Slussenprojektet). Vidare studier kring Mälaren och klimatförändringar skulle kunna bygga på det arbete som Calluna gjort för Slussenprojektet. Inom Slussenprojektet kommer man bland annat att utreda närmare hur de ytnära habitaterna i Saltsjön och innerskärgården som kan förväntas vara exponerade för förändrade sötvattensflöden och varierande salthalt kommer att påverkas (Stockholms stad, 2010). Detta resultat kan vara

intressant i en framtida studie kring hur Saltsjöns salthalt kan komma att förändras i ett framtida klimat.

Frågor som skulle kunna vara av intresse att lyfta ur ett långsiktigt natur- och vattenmiljöperspektiv med ett förändrat klimat är till exempel:

- Vilka förutsättningar ger landskapet idag för olika arters spridning?
- Vilka arter skulle fungera som nyckelbiotoper?
- Hur skulle en förändrad dagvattenhantering, till exempel genom att anlägga fler dagvattendammar, kring Mälaren kunna minska risken för negativa konsekvenser för natur- och vattenmiljön?
- Kan vi anlägga eller återskapa fler våtmarker för att bättre skydda våra vattendrag och sjöar?

Om de klimat- och naturmiljöförändringar som diskuteras i det här arbetet och i Slussenprojektet kommer att ske eller ej är svårt att förutsäga. Detta beror dels på att det finns flera faktorer förutom klimatförändringarna som påverkar vår miljö, till exempel skötsel och markanvändning. Dessutom är det viktigt att tänka på klimatförändringarna som framtida scenarier. Vi vet i dagsläget inte hur vårt framtida klimat kommer att bli, även om vi kan förutsäga vissa trender. Därför är det viktigt och bra att Slussenanläggningen, avtappningskapaciteten och regleringen är flexibla och anpassade till att fungera i ett framtida klimat på åtminstone 100 års tid.

Sammanfattningsvis kan sägas att olika ekosystem är olika tröga. Vissa ekosystem gynnas av förändringar medan andra missgynnas. En historisk tillbakablick kan hjälpa oss att förutspå vilka ekosystem som kommer att bli mest påverkade av klimatförändringarna.

Slutsatser

- Den större avtappningskapaciteten och den nya regleringen minskar risken för översvämningar i Mälaren. Slussenutredningen visar att regleringen är relativt robust när det gäller att klara av de förändringar i vattentillrinningen till Mälaren som kan uppstå om klimatet förändras. Den nya Slussen beräknas klara en global havsnivåhöjning på 1 m. Generellt ger den nya anläggningen, avtappningskapaciteten och regleringen oss bättre förutsättningar att klara framtida klimatförändringar under detta sekel.
- Den nya regleringen minskar även risken för låga vattennivåer i Mälaren (det vill säga då Mälaren understiger 4,0 m). Men klimatförändringarna kommer att leda till ökad risk för låga vattennivåer i Mälaren under sommar och höst i förhållande till idag.
- Den nya regleringen är generellt positiv ur natur- och vattenmiljöperspektivet. Orsaken är främst att den naturliga vattenståndsvariationen efterliknas mer, bland annat med en tydligare och något tidigare lagd vårfloed.
- Huvudalternativet för ny reglering är anpassat för att fungera i dagens klimat (år 2018) och kan komma att behöva justeras inom 100-årsperioden beroende på hur klimatförändringarna utvecklas. Regleringen av Mälaren har justerats ungefär vart 20:e år sedan 1940-talet.
- För att kunna anpassa regleringen och följa upp konsekvenserna på vatten- och naturmiljön är det viktigt att man kontinuerligt uppdaterar och analyserar ekosystemens respons. Härvid är det också viktigt att nya klimatscenarier, om möjligt, tar hänsyn till möjligheten att anpassa regleringen ännu bättre.
- En global havsnivåstigning kommer att medföra en ökad risk för saltvatteninträngning i Mälaren. I ett långsiktigt perspektiv, efter 2100, kan mer drastiska åtgärder behöva vidtas för att lösa situationen med minskad nivåskillnad mellan Mälaren och Saltsjön. Detta är ett område som kommer att kräva omfattande studier.
- Om vi ska kunna anpassa vårt samhälle till klimatförändringarna måste vi tillåta en flexibilitet i olika system. Vidare studier behövs för att förstå hur till exempel spridningsvägar i landskapen och vattendragen fungerar.
- Sverige är ur dricksvattensynpunkt ett gynnat land. Mälaren används som dricksvattentäkt för drygt 2 miljoner människor i Mälardalen och är av allra största regionintresse ur dricksvattensynpunkt. Klimatförändringarna kan komma att påverka vattnets kvalitet vilket kan kräva att olika typer av åtgärder behöver planeras och vidtas, exempelvis mer avancerad reningsteknik.

Referenser

Bärring, L. 2010. *Klimatscenarioer för analys av klimatpåverkan*. Presentation Rossby Centre Day 2010. SMHI.

Bergström, S. 2010. *Vad händer med havsnivån i Stockholms län - vad behöver vi planera för?* SMHI. Presentation länsstyrelsen i Stockholms län den 13 April 2010.

Bergström, S., Andréasson, J. & Hellström, S-S. 2006. *Nivåer och flöden i Vänerens och Mälarens vattensystem – Hydrologiskt underlag till Klimat och sårbarhetsutredningen*. SMHI Reports Hydrology, RH20, Norrköping.

Calluna AB, 2010-10-05. *Projekt Slussen – Ny reglering av Mälaren – Konsekvensbedömning av strandnära naturmiljön*. Calluna AB, Stockholm.

Degerman, E. & Ekman T. 2004. *De stora blå... Väner- Vätern-Mälaren-Hjälmaren*. Fiskeriverket och Naturvårdsverket. Gullers Förlag, Örebro.

Eklund, L. Mars 2007. *Effekter på den biologiska mångfalden av ett förändrat klimat*. Miljöförvaltningen Stockholms stad.

Främmande Arter. 2010. Hemsida om främmande arter skapad av Informationscentralerna för Bottniska Viken, Egentliga Östersjön & Västerhavet. Finns tillgänglig på: http://www.frammandearter.se/5arter/pdf/Marezzelleria_spp.pdf [2010-11-24]

Hammarklint, T. December 2009. *Svenska havsvattenståndsserier – en klimatindikator*. SMHI. Finns tillgänglig på: <http://www.smhi.se/klimatdata/oceanografi/havsvattenstand/1.2260.1242050870> [2010-11-17]

Hedlund, T. 2010. *Klimatscenarioer i miljömålsarbetet*. Presentation Rossby Centre Day 2010. Naturvårdsverket.

IPCC. 2000. *Emissions Scenarios*. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, UK.

Jakobsson, E. 1999. Konfliktlinjer i svensk vattenhistoria. Från *Bergslag och bondebygd*. s. 10-21. ISSN 0347-6766

Koffman, A., Lundkvist, E. & Askling, J. 2008. *Projekt Slussen – Ny reglering av Mälaren – Förslag till mål för strandnära naturmiljön*. Calluna AB, Stockholm.

Koffman, A., Askling, J. & Lundkvist, E. 2008b. *Projekt Slussen – Ny reglering av Mälaren – Förslag till metodik för konsekvensbedömning av den strandnära naturmiljön*. Calluna AB, Stockholm.

Lantmäteriet. 2010. *Höjdsystem*. Tillgänglig på: http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=4210 [2010-11-09]

Länsstyrelserna i Mellansverige. 2006. *Översvämningsrisker i fysisk planering. Rekommendationer för markanvändning vid nybebyggelse*. Handbok.

Länsstyrelsen i Stockholms län. 2010-04-07. *Näringstillståndet i Stockholms läns vattendrag*.

Medins Biologi AB. (2008-10-30). *Projekt Slussen – Bottenfauna upp- och nedströms Slussen 2008*. Medins Biologi AB. Mölnlycke.

Nerheim, S. 2010. *Vad händer med havsnivån i Stockholms län - vad behöver vi planera för?* SMHI, Presentation från seminarium Länsstyrelsen i Stockholms län, 19 maj 2010.

SMHI. 2009a. Tillgänglig på: <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimatscenarioer-1.3850> [2010-11-03]

SMHI. 2010a. *Förslag på Mälarens framtida reglering – Slutrapport fas3*. Rapport nr 2010-16 SMHI.

SMHI. 2010b. Figuren finns tillgänglig på: <http://www.smhi.se/klimatdata/oceanografi/havsvattenstand/1.2260.1242050870> [2010-11-02]

SMHI. Januari 2011. *Regional klimatsammanställning – Stockholms län*. SMHI rapport nr. 78.

Statens Geologiska Institut (SGI). Januari 2011. *Analys av riskområden för skred, ras, erosion och översvämning i Stockholms län*.

Statens Offentliga Utredningar. 2006. *Översvämningshot – Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmarens och Vänern*. SOU 2006:94.

Statens Offentliga Utredningar. 2007. *Klimat och sårbarhetsutredningen: Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter*. SOU 2007:60.

Statens Offentliga Utredningar. 2007. Bilaga 30. *Biologisk mångfald och klimatförändringar. Vad vet vi? Vad behöver vi veta? Vad kan vi göra?* SOU 2007:60 Bilaga 30.

Stockholms stad. 2010-10-27. *Preliminär MKB, tillstånd enligt miljöbalken*. Slussenprojektet Samrådsunderlag. Exploateringskontoret, Stockholms stad. Tillgänglig på: <http://www.stockholm.se/slussen> [2010-11-17]

Svenskt Vatten. 2007. *Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat*. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Meddelande M135.

Swedish Water House. 2010-11-23. Seminarium: *Environmental flows as a tool for climate change adaptation*. Stockholm.

Tyréns. 2010-10-26. *Konsekvensbedömning för dricksvatten vid en ny reglering av Mälaren, Underlag till miljökonsekvensbeskrivning*. Projekt Slussen. Författad av Tilly L.

Wallin (red.). 2000. *Mälaren – miljö tillstånd och utveckling 1965-1998*. Sveriges Lantbruksuniversitet. På uppdrag och utgiven av Mälarens vattenvårdsförbund. Finns tillgänglig på: <http://www.malaren.org/document/malaren.pdf> [2010-11-17]

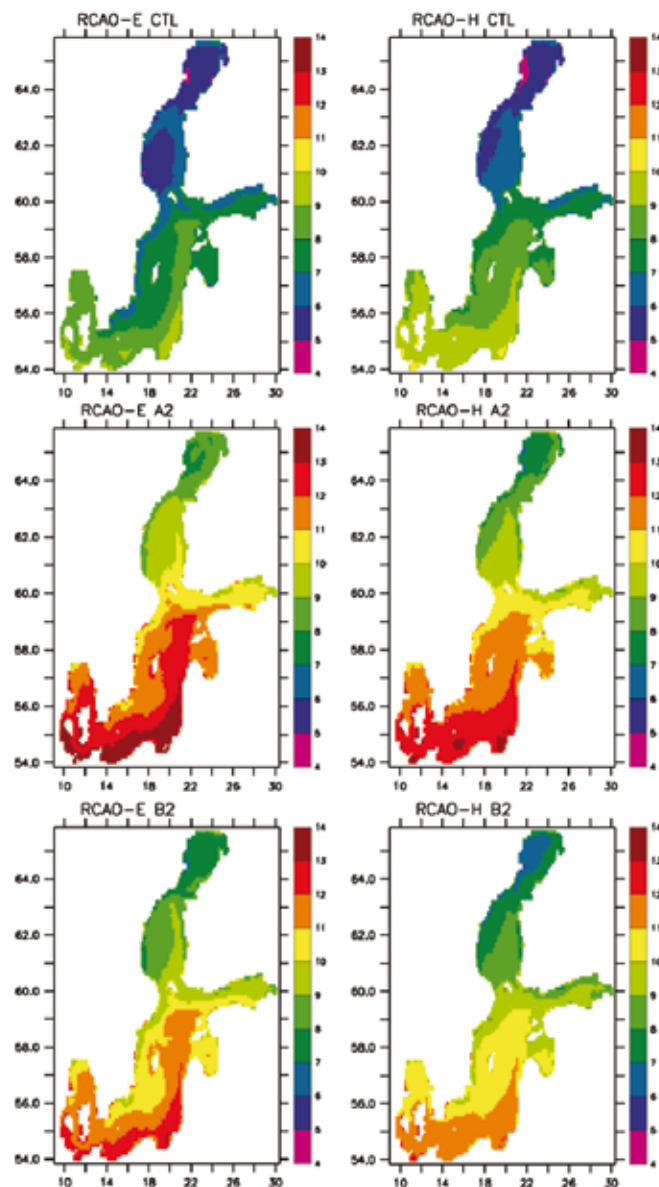
Bilaga 1 – Östersjöns temperatur

De övre figurerna visar kontrollperioden 1961-90. Den vänstra kolumnen är baserad på den tyska modellen ECHAM4/OPYC3, och den högra är baserad på den engelska modellen HadAM3H.

Framtidsscenerierna (2071-2100) baseras på IPCC- SRES A2 (mellersta raden) och SRES B2 (nedersta raden) emissionsscenerier.

Den beräknade medelhöjningen av ytttemperaturen i Östersjön, uttryckt som skillnaden mellan scenario och kontroll och med hänsyn tagen till alla fyra scenarier, är 2.8°C.

KÄLLA: SMHI <http://www.smhi.se/klimatdata/klimatscenerier/sceneriokartor>



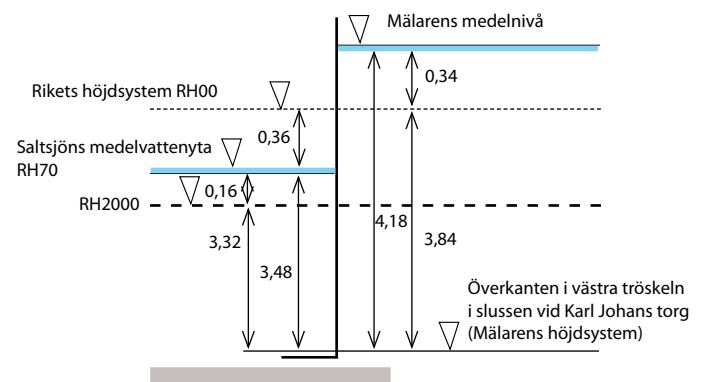
Bilaga 2 – Mälarens höjdsystem

I Sverige har det under det senaste århundradet funnits tre olika höjdsystem; RH00, RH70 och RH2000. I dagsläget är det RH2000 som är det officiella nationella höjdsystemet. RH00 skapades i slutet på 1800-talet och nollnivån (RH = 0) valdes som medelvattenytan i Stockholm år 1900. I nationella sammanhang har RH00 spelat ut sin roll, men på lokal och regional nivå finns fortfarande tillämpningar, och speciellt i Stockholm används systemet ibland. RH00 tog ej hänsyn till landhöjningen och systemet skiljer sig därför mot både RH70 och RH2000. Det var just på grund av landhöjningen som behovet med ett nytt höjdsystem blev aktuellt och man skapade då RH70. RH70 har nollnivån definierad av Normal Amsterdam Peil (NAP) vilket är en nollpunkt i Amsterdam som används i flera europeiska länder. RH 2000 blev officiellt 2005 och är Sveriges nya nationella höjdsystem. Det är mer detaljerat än sina föregångare och har med sina 50 000 fixpunkter en mycket bättre nationell täckning. RH2000 har samma nollnivå som RH70 (Lantmäteriet, 2010). Förhållandet mellan RH00, RH70 och RH2000 beror på landhöjningen och därför måste alla höjdvärden relateras till en viss tidpunkt.

För att komplicera det ytterligare har Mälaren ett eget höjdsystem (Mälarens höjdsystem). I domen från 1966 anges alla höjder i förhållande till överkanten i västra tröskeln i slussen vid Karl Johans torg. Nollpunkten vid Karl Johans torg är belägen 3,84 m under nollpunkten i RH00 och 3,48 m under nollpunkten i RH70. I denna rapport används Mälarens höjdsystem. Relationen mellan Mälarens höjdsystem, RH00 och RH70 ges i Tabell 5 och Figur 12 nedan (SMHI, 2010a; Österbygdens Vattendomstols dom 1966).

Tabell 5. Mälarens önskade reglerade max- och min-nivåer uttryckt i tre olika höjdsystem (SMHI, 2010a).

Mälarens Höjdsystem (m)	RH00 (m)	RH70 (m)
4,70	0,86	1,22
4,00	0,16	0,52



Figur 12. Förhållandet mellan Mälarens nivå, Saltsjöns nivå och höjdsystemen RH00, RH70, RH2000 och Mälarens höjdsystem i Stockholm. Alla mått är angivning i meter (originalfigur från Stockholms Hamnar AB, figuren hämtad från SMHI 2010a).

Bilaga 3 – Högsta bedömda havsvattennivåhöjning år 2100

Tabell 6. Sammanställning av några nyligen gjorda utvärderingar av den högsta bedömda havsvattennivåhöjningen (med låg sannolikhet att inträffa) till år 2100 (Bergström, 2010).

Date	Source	Reference period	Sea Level Rise 2100 (cm)
January 2007	IPCC	1980-1999	18-59 (excl. ice dynamics)
Autumn 2008	Dutch Delta committee	1990	55-120
April 2009	Rummukainen och Källén	2009	"About 1 m in 100 years"
June 2009	Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam	1980-1999	75 (65-100)
June 2009	UK Climate Projections science report	1980-1999	11,6 – 75,8 around UK and Ireland
November 2009	Copenhagen diagnosis	1980-1999	"at least twice as much as projected by Working Group1 of the IPCC AR4" "it may well exceed 1 m"
November 2009	NOAA	"by the end of this century"	3 – 4 fot (90-120 cm)
November 2009	Netherlands Environmental Assessment Agency PBL m.fl.	1990	55 -110 (40 -105 locally for Holland)

Mälaren, Sveriges tredje största sjö, är mycket viktig ur ett vatten- och naturmiljöperspektiv. Risker för översvämningar är idag stora på grund av att kapaciteten för att tappa ur vatten från Mälaren till Saltsjön är för låg. I samband med den planerade ombyggnaden av Slussen kommer därför avtappningskapaciteten mer än fördubblas. Den här rapporten har granskat delar av det material som ligger till grund för den nya regleringen och analyserat användbarheten av detta ur ett långsiktigt klimatperspektiv med fokus på vatten- och naturmiljö.

*Mer information kan du få av Länsstyrelsens
avdelning för samhällsskydd och beredskap
Tfn: 08- 785 40 00
Rapporten finns även som pdf på vår hemsida
www.lansstyrelsen.se/stockholm/publikationer*

*Adress
Länsstyrelsen i Stockholms Län
Hantverkargatan 29
Box 22 067
104 22 Stockholm
Tfn: 08- 785 40 00 (vxl)
www.lansstyrelsen.se/stockholm*