

ANPASSNING TILL ETT FÖRÄNDRAT KLIMAT



LÄNSSTYRELSEN
I STOCKHOLMS LÄN

Konsekvens- och sårbarhetsanalys

Metodbeskrivning

Länsstyrelsen i Stockholms län har tagit fram tre skrifter för att stödja och underlätta anpassningsarbetet till ett förändrat klimat.

- Klimatanpassningsplan – Process och verktyg
- Systemtyper och klimatfaktorer – Lathund som stöd vid konsekvens- och sårbarhetsanalyser
- Konsekvens- och sårbarhetsanalys – Metodbeskrivning

Skrifterna är författade av Anna-Lena Lökvist Andersen, Socratia AB.

Vid frågor kontakta Christina Frost, avdelningen för Samhällsskydd och beredskap, Länsstyrelsen Stockholm.

Utgivningsår: 2010

ISBN: 978-91-7281-398-4

Produktion: Länsstyrelsen i Stockholms län

Foto omslag och sid 3: Christina Fagergren.

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. Länet 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.

Skrifterna *Klimatanpassningsplan*, *Systemtyper och klimatfaktorer* samt *Konsekvens- och sårbarhetsanalys* är tänkta att vara ett stöd för olika aktörer i arbetet med anpassning till ett förändrat klimat.

Innehåll

ANPASSNING TILL ETT FÖRÄNDRAT KLIMAT	3
INLEDNING	5
KONSEKVENSOCH SÅRBARHETSANALYS	6
MORFOLOGISK ANALYS	6
STRUKTURERING AV SYSTEM, HOT OCH KONSEKVENSER MED MORFOLOGI	8
Systemet	9
Hotet	10
Konsekvenser	11

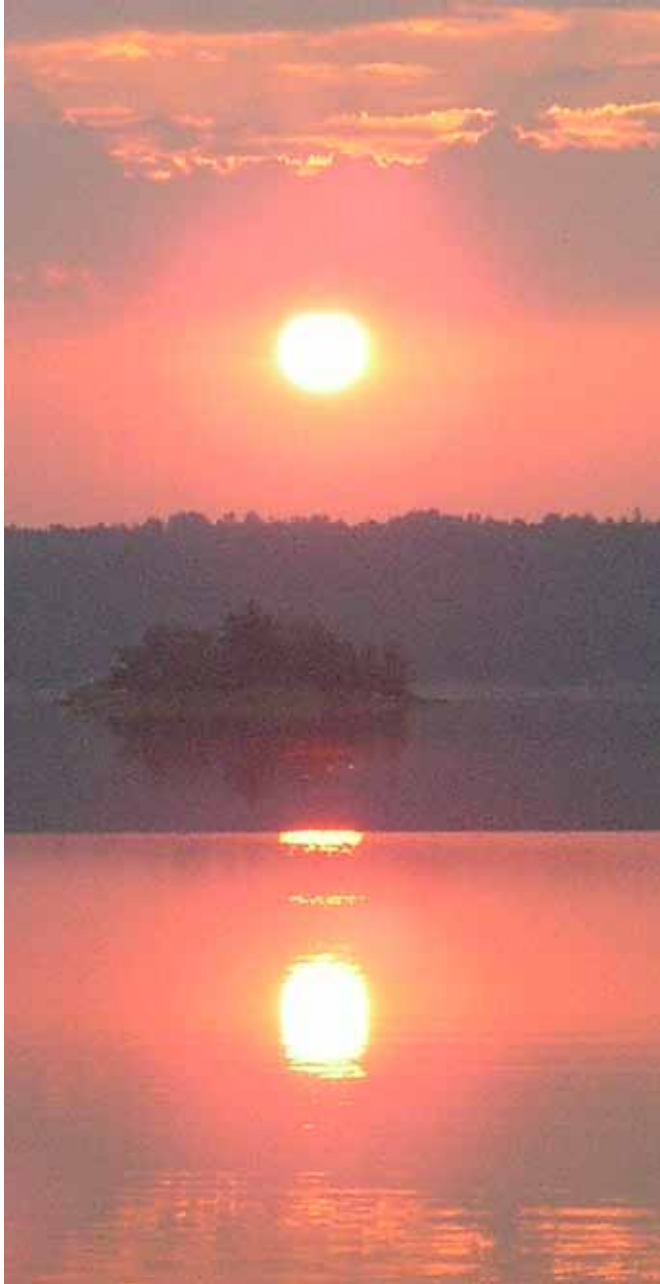


Foto: Christina Fagergren.

Inledning

Denna skrift beskriver hur man gör en konsekvens- och sårbarhetsanalys med avseende på klimatförändringar. För att kunna göra en analys av en så komplex fråga som klimatförändringarnas påverkan på samhället, behövs stöd av en metod. Frågeställningen har många dimensioner och perspektiv. Det finns olika metoder för att analysera påverkan på samhället av olika förändringar. Den metod som låg till grund för det omfattande arbetet med Klimat- och sårbarhetsutredningen¹ var morfologisk analys, MA. Det är en metod som lämpar sig väl för konsekvens- och sårbarhetsanalyser.

Här presenteras MA-metoden så som den kan användas vid framtagande av konsekvens- och sårbarhetsanalyser. Metoden kan användas av olika aktörer som kommuner, länsstyrelser och myndigheter.

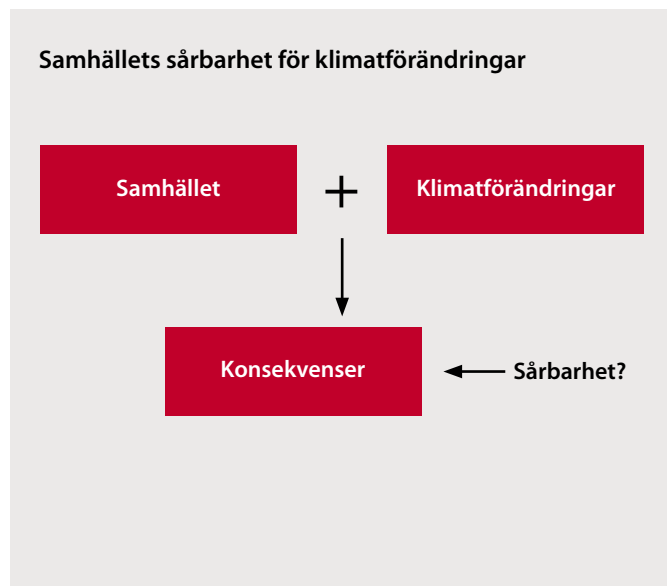
Med stöd av metoden får man hjälp att avgränsa och koncentrera området som ska analyseras och att hantera den stora mängd med fakta som uppstår vid en analys av denna karaktär. Metoden ger en säkerhet i resultatet genom att man på ett systematiskt, strukturerat sätt går igenom ett stort och komplext område. Man minskar därmed risken att missa några viktiga perspektiv eller detaljer. Metoden ger en öppenhet och bedömningarna blir spårbara.

¹ SOU 2007:60 Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter.

Konsekvens- och sårbarhetsanalys

Målet med konsekvens- och sårbarhetsanalyser är att undersöka samhällets sårbarhet för, som i detta fall, klimatförändringar, att se vilka konsekvenser som kan uppkomma och ungefär när. Frågeställningen ”samhällets sårbarhet för klimatförändringar” kan förenklat sägas bestå av tre delar, se bilden nedan.

Samhället kommer att påverkas av klimatets förändringar, vilket kommer att innebära konsekvenser, såväl positiva som negativa. De negativa konsekvenser som bedöms vara oacceptabla är de man behöver åtgärda för att samhällets sårbarhet för klimatförändringar ska minska.



Morfologisk analys

Morfologisk analys, MA, är en metod för att skapa struktur och ordning i komplexa sammanhang där många parametrar samspekar med varandra på ett svåröverskådligt sätt. Med MA arbetar man med begrepp och bedömningar, inte med siffror och ekvationer. Metoden innebär en möjlighet att strukturera problem som är svåra att kvantifiera eller innehåller osäkerheter och som måste hanteras genom bedömningar. Med MA kan man effektivt avgränsa, konkretisera och tydliggöra ett problemkomplex.

Problemkomplex som lämpar sig för MA kännetecknas av att de innehåller många olika dimensioner och perspektiv som måste analyseras samtidigt. Det kan vara såväl tekniska som ekonomiska, etiska, politiska och sociala faktorer. Orsakssambanden är oftast så komplicerade att de inte går att reda ut och osäkerheterna är stora.

MA kan användas för konsekvens- och sårbarhetsanalyser för alla typer av system, till exempel tekniska system och naturmiljö. Den kan användas för olika typer av hot som klimatförändringar, antagonistiska hot, naturhändelser och så vidare. MA kan användas för att ta fram scenarier, utveckla strategier, policyanalyser och stakeholderanalyser.

För en konsekvens- och sårbarhetsanalys med avseende på klimatförändringar räcker det att använda steg 1-3 av MA, alltså strukturering och bedömning. Det var så metoden användes av Klimat- och sårbarhetsutredningen (att använda alla fem steg var då inte möjligt eftersom i stort sett alla typer av samhällssystem skulle analyseras).

En komplett MA består av fem arbetssteg:

1. Identifiera och definiera de huvudsakliga perspektiv, parametrar, som beskriver problemet.
2. Definiera för varje parameter vilka olika tillstånd som är viktiga, hur de kan variera.
3. Bedöma parvis, mellan alla tillstånd, vad som är möjligt (kan samexistera).
4. Beräkna vilka kombinationer av lösningar som är möjliga (datorkörning).
5. Analysera resultatet av steg 4, undersöka vad olika bedömningar ger för utfall.

Första steget innebär att identifiera de viktigaste parametrarna som beskriver problemet. För varje parameter definieras därefter i steg två ett lämpligt antal tillstånd, det vill säga de olika lägen som är viktiga för parametern. Tredje steget innebär att avgöra vilka par av tillstånd som tillsammans är möjliga och vilka par av tillstånd som inte är tänkbara. När detta är gjort kan man efter en datorberäkning (steg fyra) se hur alla tillstånd i modellen är relaterade till och påverkar varandra så att en analys blir möjlig, steg fem. Stegen upprepas iterativt tills man anser sig vara klar. Slutresultatet ger ett stort antal kombinationer uppbyggda av de parametrar och parametertillstånd som kan höra samman. Kombinationerna kan betraktas som scenarier.

De två första stegen innebär en problemstrukturering, vilket i många fall kan vara tillräckligt. Dessa två första steg kan göras manuellt. Det tredje steget, bedömningen,



Foto: Christina Fagergren.

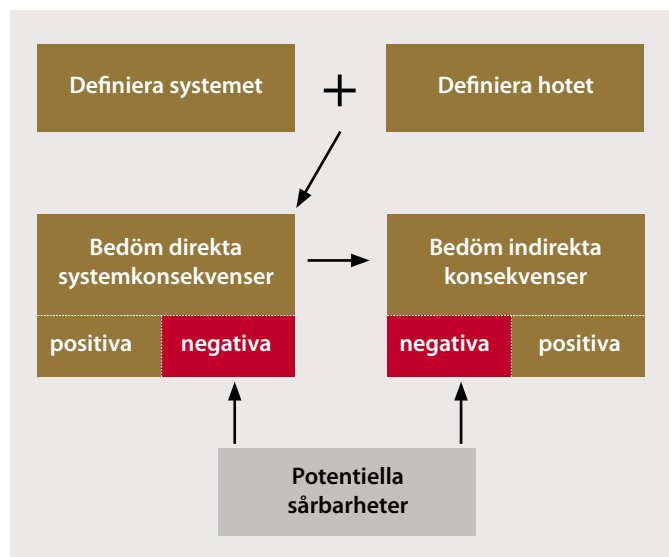
gör man manuellt enligt denna metod för konsekvens- och sårbarhetsanalys. För att praktiskt utföra samtliga steg krävs datorstöd, då det snabbt blir oerhört många kombinationer att beräkna och hålla reda på.

Grunden i en morfologisk analys är att varje komplex frågeställning består av flera dimensioner och perspektiv. För att kunna hantera detta delas frågeställningen upp i parametrar och deras tillstånd, där alla tillstånd undersöks i förhållande till varandra, det vill säga varje aspekt av ett problem ska relateras/bedömas gentemot alla andra aspekter. I praktiken kan detta vara svårt att genomföra, då det oftast blir väldigt många bedömningar även för en relativt enkel frågeställning. Utmaningen ligger vanligtvis i att dela upp det som ska analyseras på ett för frågeställningen intressant sätt. Resultatet blir en strukturerad beskrivning och analys av problemets viktigaste parametrar och deras olika tillstånd.

Strukturering av system, hot och konsekvenser med morfologi

Den övergripande struktureringen av arbetsgången i en konsekvens- och sårbarhetsanalys kan se ut som i bilden nedan.

För att kunna göra en analys på ett hanterbart sätt måste man bryta ner sin frågeställning i lagom stora bitar. Det första begreppet, samhället, är ett allt för abstrakt begrepp för att kunna användas direkt i en analys. Samhället kan delas upp på olika sätt, man kan säga att det består av olika delar, olika system. I en konsekvens- och sårbarhetsanalys gäller det att vid valet av uppdelningen av samhället utgå ifrån vad det är som hotar eftersom det påverkar valet av parametrar och vilken typ av konsekvenser det blir. Hotet i det här fallet är klimatförändringarna.



Klimatförändringarna kommer att påverka samhällets tekniska system som vägar, byggnader, elsystemet, men också olika näringar, naturmiljön, vattenmiljön samt människan, däremot inte direkt olika organisatoriska system. Det är därför lämpligt att i analysarbetet utgå från de fysiska systemen och inte de organisatoriska. Genomförandet av åtgärder för att avhjälpa konsekvenserna och finansieringen bör däremot vara kopplat till organisation.

Klimatförändringar är också ett allt för vittomfattande begrepp för att kunna användas direkt i en konsekvens- och sårbarhetsanalys. Klimatförändringarna beskrivs med hjälp av olika klimatscenarier. Varje klimatscenario grundar sig på ett utsläppsscenario och beskrivs med hjälp av klimatfaktorer som nederbörd, temperatur, vind och flöden. Alla typer av klimatfaktorer kommer inte att påverka alla system eller delar av ett och samma system. Det finns skillnader i karaktär mellan systemen, som mellan vägar och byggnader, och de påverkas på olika sätt av samma klimatfaktor. I analysen behöver man bara undersöka förhållandet till de klimatfaktorer som är känsliga för respektive system.

Genom att kombinera ett system och dess olika delar med en klimatfaktor kan man få ett utfall i form av en konsekvens som kan vara positiv eller negativ. Denna konsekvens ska värderas utifrån hur allvarlig den är och om den är acceptabel eller inte. En oacceptabel konsekvens innebär att systemet är sårbart för just den klimatfaktorn.

När man betraktat alla system gentemot alla viktiga, känsliga klimatfaktorer får man en samlad bild av samhällets totala sårbarhet för klimatförändringar.

Systemet

Då ett system nästan alltid är komplext kan det inte beskrivas med en platt, endimensionell bild. Utifrån syftet med analysen definierar och beskriver man det system som ska analyseras. Det är de viktiga, känsliga delar eller karaktäristika som är avgörande för ett systems funktion som ska användas. Indelningen är en avvägning mellan att vara lagom precis och lagom generell. En parameter ska ha en tydlig karaktär som skiljer den från de övriga. Samma gäller för en parameters olika tillstånd.

Observera att det inte finns något egenvärde med att dela upp i många delar. Två parametrar som har liknande karaktär och som fungerar och reagerar på samma sätt kan slås ihop. En parameter som ger flera olika svar bör delas upp då den är för omfattande och komplex. Detta är en iterativ process med syftet att finna en passande systemuppdelning. Det är viktigt att lägga tid på dessa två första struktureringssteg, att definiera parametrar och tillstånd, eftersom det ger den grundläggande strukturen åt hela analysen.

Steg 1: Beskriva valt system med olika parametrar

Välj systemparametrar utifrån bakgrunden klimatförändringar och att man vill ha svar på frågan om samhällets sårbarhet. Parametrarna ska beskriva det specifika med systemet. Förslag på parametrar: systemtyp, systemnivå (eventuellt), geografi, livslängd, utveckling, redundans, beroenden av andra system. Dessa parametrar är generella och kan användas för de flesta system. Se exempel nedan.

Redundans är en viktig parameter. Sårbarheten är lägre om det finns en inbyggd redundans, vilket är vanligt om hög tillförlitlighet behövs. Redundansen har betydelse för att öka systemets motståndskraft mot inträffade fel.

Steg 2: Dela upp de olika systemparametrarna i sina viktigaste tillstånd

Beskriv de viktigaste tillstånden inom varje parameter. Tillstånden ska helst vara oberoende av varandra och beskriva variationer inom parametern. De kan beskrivas i en stigande skala, men behöver inte göra det. De kan också vara kvantifieringar. Vilka indelningar som är lämpliga beror också på vilken aktör det är som gör analysen – en mindre eller större kommun, län, landsting eller en nationell myndighet.

Exempel på systemparametrar:

SYSTEMTYP	SYSTEMNIVÅ	GEOGRAFI	LIVSLÄNGD	REDUNDANS	UTVECKLING	BEROENDEN
tillstånd 1	tillstånd 1	tillstånd 1				
tillstånd 2	tillstånd 2	tillstånd 2				
osv	osv	osv				

Exempel på tillstånd för systemet ”Vägar” och parametrarna systemtyp och systemnivå:

SYSTEMTYP	SYSTEMNIVÅ
väg (beläggning, överbyggnad, undergrund)	europaväg
trummor	riksväg
sidoområden, stödmurar	länsväg
broar	kommunal väg
tunnlar	enskild väg
färjor	skogsväg
drift	

Ovan lämnas några förslag på indelning i tillstånd för parametrarna systemnivå och systemtyp för ”Vägar”.

För den geografiska parametern är det viktigt att framhålla om det finns stora geografiska skillnader mellan olika områden, som närhet till vatten, skredbenägna områden, nordliga/sydliga områden med skillnader i klimatet med mera.

Tidpunkten för när ett system byggts säger mycket om dess egenskaper och hur det påverkas av klimatfaktorerna. Systemets eller systemtypens resterande livslängd är en viktig parameter där variationerna i denna utgör olika tillstånd. Att tänka på i ett senare skede när man föreslår åtgärder är vilka möjligheter det finns för klimatanpass-

ning när systemet förnyas och vilka som finns i dagsläget.

Alla system utvecklas, snabbt eller långsamt, delvis beroende på ett systems karaktär. Vilka utvecklingstendenser, förändringar kan man se som behöver preciseras som viktiga tillstånd?

Det är också betydelsefullt att lyfta fram skillnader i redundans för de olika systemtyperna och systemnivåerna, skillnader som alltså behöver preciseras i olika tillstånd.

Hotet

Klimatförändringarna, som i detta fall utgör hotet, är ett framtida hot där det är lämpligt att använda scenarier. Klimatscenarierna är ett sätt att illustrera hur de tendenser vi redan ser kan komma att utvecklas i ett längre tidsperspektiv. Hotet som appliceras på systemen är ett sätt att undersöka hur stora påfrestningar och belastningar systemen tål.

Steg 1: Beskriva hotet med olika parametrar

Hotet uttrycks lämpligen med följande parametrar: klimatfaktor, intensitet, frekvens, varaktighet, tidsperspektiv och säsong. Klimatfaktorn beskrivs ofta med kombinationer av just dessa olika parametrar. Parametrarna intensitet, varaktighet och frekvens beskriver hur klimatfaktorn uppträder och hur ofta. Se exempel nedan.

Exempel på hotparametrar:

KLIMATFAKTOR	INTENSITET	FREKVENNS	VARAKTIGHET	TIDSPERSPEKTIV	SÄSONG
tillstånd 1	tillstånd 1				
tillstånd 2	tillstånd 2				
osv	osv				

Steg 2: Dela upp de olika hotparametrarna i sina viktigaste tillstånd

Beskriv vad som är viktigt att framhålla för varje hotparameter. Parametern klimatfaktor har lämpligen tillstånden temperatur, nederbörd, flöden, vind, havsnivå. Parametern intensitet kan uttryckas med tillstånden medel-, min- och maxvärden, eller som till exempel ”extrem” nederbörd eller en viss mängd nederbörd som < 1mm/dygn. Varaktighet beskriver hur länge klimatfaktorn varar vid varje tillfälle och kan uttryckas i tidstermer som minuter, timme, dag, vecka. Frekvens handlar om hur ofta klimatfaktorn återkommer och kan exempelvis uttryckas i tillstånd som antal gånger/år, 10- och 100-årsvärden. Se exempel till höger.

Tidsperspektivet har en uppdelning i tillstånd i olika tidsperioder, exempelvis 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100, referens 1961-1990. Vilket/vilka tidsperspektiv är mest intressanta? Det långa perspektivet, år 2071-2100, är särskilt intressant för verksamheter som har lång livslängd och långa ledtider, det vill säga där utbyggnader och förändringar av systemet tar lång tid som vid järnvägsutbyggnad och tunnlar.

Klimatfaktorerna varierar också med säsongerna. Är det viktigt att belysa skillnader mellan år/årstid/månader? Blir det till exempel mer nederbörd vintertid? Dessa indelningar belyser säsongparameterns viktigaste tillstånd.

De olika klimatscenerierna grundar sig på utsläppsscenarioer och är framtagna med olika globala och regionala klimatmodeller. Utsläppsscenerierna bygger på olika antaganden om framtiden som befolkningsutveckling, teknikutveckling, ekonomisk

Exempel på tillstånd för parametrarna klimatfaktor, varaktighet, frekvens:

KLIMATFAKTORER	VARAKTIGHET	FREKVENNS
temperatur	minuter	årligen
nederbörd	timme	10-års
flöden	dag	100-års
vind	vecka	
havsnivå		

utveckling och globalisering. Dessa antaganden medför olika utfall av utsläppsmängder. Valet av klimatscenerier påverkar därför resultatet av konsekvens- och sårbarhetsanalysen.

Konsekvenser

Konsekvenser kan vara av olika karaktär. För att kunna bedöma konsekvenser för olika systemtyper av olika klimatfaktorer på ett konstruktivt sätt behöver även ”konsekvenser” förtydligas i parametrar och tillstånd.

Steg 1: Beskriva konsekvenser med olika parametrar

Konsekvens uttrycks lämpligen med parametrarna konsekvensvärde, påverkan i olika led, acceptansnivå och allvarlighet. Se exempel nedan.

Exempel på konsekvensparametrar:

KONSEKVENSVÄRDE	PÅVERKAN I OLIKA LED	ACCEPTANSNIVÅ	ALLVARLIGHET
tillstånd 1	tillstånd 1		
tillstånd 2	tillstånd 2		
osv	osv		

Steg 2: Dela upp de olika konsekvensparametrarna i sina viktigaste tillstånd

Detta steg innebär att dela varje konsekvensparameter i sina viktigaste tillstånd. Konsekvensvärde uttrycks lämpligen i positiv, negativ och neutral. Påverkan i olika led som tillstånden direkt systemkonsekvens respektive indirekt påverkan på andra system. Indirekta konsekvenser uppstår exempelvis när vägar påverkats negativt och

andra system och verksamheter drabbas av att transporterna inte fungerar som förväntat. Acceptansnivå har tillstånden acceptabel och oacceptabel ur systemets och samhällets synvinkel. Allvarlighet uttrycks med tillstånden (geografisk) utbredning, omfattning, intensitet och varaktighet. Se exempel nedan.

Exempel på tillstånd för parametrarna konsekvensvärde, påverkan i olika led, acceptansnivå och allvarlighet:

KONSEKVENSVÄRDE	PÅVERKAN I OLIKA LED	ACCEPTANSNIVÅ	ALLVARLIGHET
positiv	direkt	acceptabel	utbredning
negativ	indirekt	oacceptabel	omfattning
neutral			intensitet
			varaktighet

Steg 3: Bedöma påverkan på olika systemtyper av olika klimatfaktorer

I steg 3 så bedömer man de konsekvenser som kan uppstå till följd av hotet klimatförändringar. Genom att kombinera parametrarna systemtyper och klimatfaktorer, båda uttryckta i sina olika tillstånd, så får man ett utfall i form av konsekvenser, också uttryckt i sina parametertillstånd. I bedömningarna är det viktigt att man väger in samtliga övriga parametrar inom både systemet och hotet.

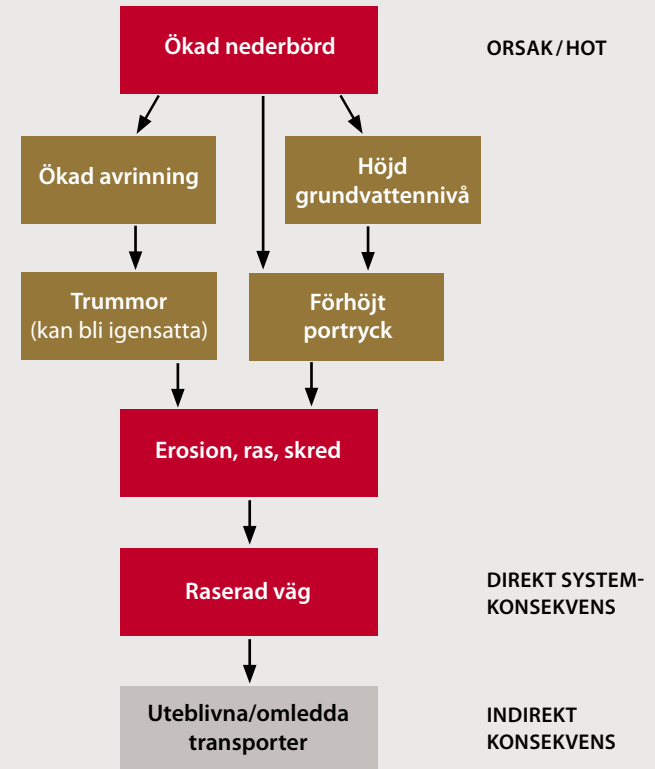
Vid konsekvensbedömningar är det viktigt att komma ihåg att det är den som använder en tjänst som vet vad det innebär om en tjänst uteblir och hur snabbt det blir kritiskt. Många gånger kan leverantören av en tjänst ha goda kunskaper om användarens behov, men det förutsätter en aktiv dialog mellan leverantör och användare.

Exemplet till höger visar på hur en klimatfaktor påverkar en systemtyp med direkt och indirekt konsekvens.

Ökad nederbörd leder till ökad avrinning, höjd grundvattennivå och förhöjt portryck. Den ökade grundvattennivån leder också till förhöjt portryck. Den ökade avrinningen kan orsaka igensatta trummor. Igensatta trummor och förhöjt portryck kan båda leda till erosion, ras och skred. En raserad väg innebär uteblivna eller omledda transporter. Denna typ av konsekvenser varierar beroende på olika tidsperspektiv, säsong och inom olika geografiska områden.

Det är den uteblivna framkomligheten och de uteblivna transporterna som är en indirekt konsekvens som inte är acceptabel. Vägar är sårbara för ökad nederbörd, eftersom själva transportförmågan kan minska eller gå om intet. I vilken mån förbifarter finns (redundans inom vägsystemet) har betydelse för bedömningen av sårbarheten.

Exempel på hur en klimatfaktor påverkar en systemtyp med direkt och indirekt konsekvens:



*Mer information kan du få av Länsstyrelsens
avdelning för samhällsskydd och beredskap
Tfn: 08- 785 40 00
Broschyren finns 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*