Statens geotekniska institut

Metodik konsekvensbedömning

– Känslighetsanalys, klassindelning och applicering av metodik i hela utredningsområdet

Yvonne Andersson-Sköld

GÄU - delrapport 13

Linköping 2011

GÄU
Göta älvutredningen
2009 - 2011

Foto: SGI

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Göta älvutredningen - delrapport 13

Metodik konsekvensbedömning – Känslighets-analys, klassindelning, och applicering av metodik i hela utredningsområdet

Consequences of landslides in the Göta river valley – Sensitivity analysis, classification and application of the methodology throughout the study area

Yvonne Andersson-Sköld

LINKÖPING 2011

Göta älvutredningen
delrapport 13

Statens geotekniska institut (SGI)
581 93 Linköping

Beställning

SGI
Informationstjänsten
Tel: 013-20 18 04
Fax: 013-20 19 14
E-post: info@swedgeo.se
www.swedgeo.se

Dnr SGI 6-1001-0043

Uppdragsnr SGI 14101

FÖRORD

Göta älvutredningen (GÄU)

För att möta ett förändrat klimat och hantera ökade flöden genom Göta älv har Regeringen gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att under en treårsperiod (2009-2011) genomföra en kartläggning av stabiliteten och skredriskerna längs hela Göta älvdalen inklusive del av Nordre älv. Tidigare utförda geotekniska undersökningar har sammanställts och nya undersökningar har utförts längs hela älven. Metoderna för analys och kartering av skredrisker har förbättrats. Nya och utvecklade metoder har tagits fram för att förbättra skredriskanalyser och stabilitetsberäkningar, förbättra kunskapen om erosionsprocesserna längs Göta älv, bedöma effekten av en ökad nederbörd på grundvattensituationen i området, utveckla metodiker för kartläggning och hantering av högsensitiv lera (kvicklera) samt utveckla metodik för konsekvensbedömning. Utredningen har genomförts i samverkan med myndigheter, forskningsinstitutioner samt nationella och internationella organisationer.

Denna delrapport är en del i SGI:s redovisning till Regeringen.

Konsekvensbedömning

För att värdera de konsekvenser som ett skred kan ge upphov till initierades ett särskilt deluppdrag, *Metodik konsekvensbedömning*, i syfte att uppdatera, vidareutveckla och använda den modell som tidigare använts för skredriskanalyser. I föreliggande rapport redovisas en känslighetsanalys och resultaten när den metodik som presenteras i *Metodik Konsekvensbedömning - Metodik för inventering och värdering av konsekvenser* (*G*ÄU 12) appliceras för utredningsområdet i Göta älvdalen och resultatet visualiseras i GIS i form av konsekvensklasser.

Uppdragsledare och författare till denna rapport är Yvonne Andersson-Sköld. Till deluppdraget har också knutits en expert/referensgrupp bestående av Sofia Ahlroth, Naturvårdsverket, Tomas Henrysson, Conviro AB, Carina Hultén, SGI, Magnus Johansson, MSB/Karlstad Universitet, Mats Persson, Halmstad Högskola, Kari Sletten, NGU, Björn Sund, Örebro universitet, Torbjörn Thedeen, prof. emeritus KTH. Samtliga har medverkat aktivt i projektet bland annat genom medverkan i referensgruppsmöten. I arbetet har vidare Henrik Jaldell docent i nationalekonomi vid Karlstads universitet medverkat som expertstöd och Stefan Andersson och Emma Agneman, Sweco, Joel Åkesson och Per Bergström-Jonsson, Trafikverket samt Martin Röcklinger, LiU, medverkat som expertstöd och utfört beräkningar med modellerna EVA och Sampers. Under våren 2011 har GIS-arbetet utförts av Hedvig Fahlberg, Sweco, och även Mats Öberg, Jim Hedfors, Johan Axelsson, Stefan Falemo från SGI har medverkat med det GIS-baserade resultat som presenteras i rapporten. Rapporten har granskats av Bo Lind (SGI). Ytterligare ett flertal personer har varit till vår hjälp och vi riktar därför ett stort tack till alla som bidragit med egen kunskap, källmaterial och dataunderlag.

Linköping 2011

Marius Tremblay
Uppdragsledare, Göta älvutredningen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD 5

SAMMANFATTNING 5

1. BAKGRUND 8

1.1. Göta älvdalen 8
1.2. Inträffade skred i Göta älvdalen 9
1.3. Metodik konsekvensbedömning 10

2. APPLICERING AV METOD FÖR KONSEKVENSBEDÖMNING AV SKRED INOM UTREDNINGSOMRÅDET 12

2.1. Bebyggelse 12
2.2. Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv 13
2.3. Väg och järnväg 15
2.4. Sjöfart 16
2.5. Energi och ledningssystem 18
2.6. VA 19
2.7. Miljöfarlig verksamhet och förorenade områden 20
2.8. Näringsliv 22
2.9. Naturmiljö och kulturarv 23

3. SEKTORSBASERAD KÄNSLIGHETSANALYS 24

3.1. Metoder för känslighetsanalys 24
3.2. Känslighetsanalys - Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv 25
3.3. Känslighetsanalys - Bebyggelse 27
3.4. Känslighetsanalys - VA 28
3.5. Känslighetsanalys - Energi och ledningsnät 30
3.6. Känslighetsanalys - Väg 30
3.7. Känslighetsanalys - Sjöfart 31
3.8. Miljöfarlig verksamhet och förorenade områden 31
3.9. Näringsliv 32
3.10. Sammanställning av resultat från känslighetsanalys 33

4. KONSEKVENSKLASSER 37

4.1. Acceptabel risk 37

5. APPLICERING AV METOD FÖR HELA UTREDNINGSOMRÅDET 43

5.1. Kostnader för skred inom utredningsområdet 44

6. DISKUSSION OCH SLUTSATSER 45

7. REFERENSER 48

SAMMANFATTNING

Göta älvdalen är en av de mest skredfrekventa dalgångarna i Sverige. Årligen inträffar ett flertal skred men huvudandelen av dem är små och relativt ytliga. Stora skred har dock också inträffat, till exempel Surteskredet 1950 där en person omkom och två skadades och Götaskredet 1957 där tre personer omkom och tre skadades. Enligt tidigare utredningar kommer de framtida klimatförändringarna att medföra ökad sannolikhet för skred.

Avsikten med konsekvensanalysen är att göra en analys av de konsekvenser som kan uppstå av skred och uttrycka dessa, så långt det är möjligt, i monetära enheter. Den monetära konsekvensvärderingen används därefter för att göra en indelning i fem konsekvensklasser där den lägsta visar på att endast lindriga skador förväntas vid skred och den högsta visar på att det finns objekt som kan ge mycket allvarliga konsekvenser om de drabbas av skred. Exempel på sådana anläggningar är vattenkraftverk eller Seveso-anläggningar av högre kravnivå som kan orsaka giftiga utsläpp, eller en allvarlig explosion om de påverkas allvarligt vid ett skred.

Metodiken presenteras också i *Metodik Konsekvensbedömning - Metodik för inventering och värdering av konsekvenser* (GÄU 12) samt de underlagsrapporter som den baseras på och innefattar följande steg

- identifiering av konsekvenser,
- inventering av objekt som kan påverkas
- bedömning av sannolikhet för att en viss konsekvens skall uppstå
- metod för värdering

Metoden togs fram för följande konsekvenssektorer:

- Bebyggelse
- Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv
- Transport
  - Järnväg
  - Väg
  - Sjöfart
- Miljöfarliga verksamheter och förorenade områden
- Va-system
- Naturmiljö
- Kulturarv
- Energi och ledningssystem
- Näringsliv

I föreliggande rapport redovisas en känslighetsanalys och resultaten när den metodik som presenteras i *Metodik Konsekvensbedömning - Metodik för inventering och värdering av konsekvenser (*GÄU 12) appliceras för utredningsområdet i Göta älvdalen, där resultatet redovisas i GIS i form av konsekvensklasser.

Metodiken och resultatet som redovisas för utredningsområdet bygger på befintliga och tillgängliga underlag. Detaljnivån och vad som ingår i analysen kan därför variera mellan olika områden. Metoden bygger på att såväl funktioner som underlag kan uppdateras

genom att nya underlag och ny information skall kunna tillföras för att fördjupa eller förbättra den bedömning som kan göras med denna metodik.

Den känslighetsanalys som utförts innefattar kvantitativa bedömningar utifrån de ansatser och värderingar som gjorts. Enligt känslighetsanalysen finns det ett spann av konsekvensvärdet inom respektive konsekvenssektor som beaktats. Det som påverkar det beräknade värdet är närvaron av objekt som kan drabbas, sannolikheten för att personer skall drabbas, vilka jordmassor som påverkas, mängden förorenade massor som påverkas och antaganden om vilka åtgärder som kommer att vidtas. Av stor betydelse är tidsaspekten, dvs. tiden för att en verksamhet återställs eller nyinstalleras. Detta påverkar framförallt kostnader som bedöms för produktionsbortfall och för omledning eller stopp inom transportsektorn.

För vissa aspekter och konsekvenser finns inte underlag för att göra en värdering. Detta gäller inte minst mjuka värden som natur- och kulturvärden. De står för värden som inte kan anges i pengar. Inte heller inom detta uppdrag har vi haft möjlighet att ta fram monetära värden för alla aspekter som vi beaktar, vilket gör att de inte innefattas i den kvantitativa analysen.

Den föreslagna metodiken har testats genom fallstudier. Metodiken har, trots att det finns stora osäkerheter, funnits fungera väl vilket innebär att metoden kan användas för att göra en övergripande bedömning av relevanta konsekvenser i monetära termer. Metoden kan även appliceras för andra naturolyckor, såsom översvämningar, och är en god start för mer fördjupade och detaljerade platsspecifika eller regionala analyser. Metoden kan också användas för till exempel kostnadsnyttoanalyser.

1. BAKGRUND

Metodiken för konsekvensanalys är omfattande och redovisas i detalj i följande rapporter: **Metodik Konsekvensbedömning-**

- *Val av konsekvenser som beaktas,* GÄU delrapport 12
- *Sammanställning av resultat,* GÄU delrapport 13
- *Bebyggelse,* GÄU delrapport 14
- *Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv,* GÄU delrapport 15
- *Sjöfart,* GÄU delrapport 16
- *Väg,* GÄU delrapport 17
- *Järnväg,* GÄU delrapport 18
- *Miljöfarliga verksamheter och förorenade områden,* GÄU delrapport 19
- *Naturmiljö,* GÄU delrapport 20
- *Energi,* GÄU delrapport 21
- *Va-system,* GÄU delrapport 22
- *Näringsliv,* GÄU delrapport 23
- *Kulturarv,* GÄU delrapport 24
- *Känslighetsanalys,* GÄU delrapport 25
- *Framtagande av underlag för bebyggelse och liv,* GÄU delrapport 26

1.1. Göta älvdalen

Göta älvdalen, som sträcker sig från Vänern i norr till Göteborg i söder, är en av de mest skredfrekventa dalgångarna i Sverige. Dagens landskapsbild längs Göta älv har till stor del formats genom ett antal större skred. Årligen inträffar ett flertal skred, varav huvuddelen dock är små och relativt ytliga, oftast erosionsbetingade (Hultén m.fl, 2006).

I Göta älvdalen är lerskred mest vanligt. Skreden här uppstår när leran glider iväg i sammanhängande sjok som hålls samman på grund av attraktionskrafterna mellan jordpartiklarna (kohesionen).

En speciell typ av lera är kvicklera. När en kvicklera utsätts för störning kan den förlora större delen av sin hållfasthet och bli helt flytande. Ett stort antal skred i Västsverige har varit kvicklereskred, speciellt sådana med stor utbredning.

De flesta leror har avsatts som sediment på botten av hav eller insjöar. Leror som bildades i saltvatten fick ofta en speciell struktur eftersom saltet fick lerpartiklarna att klumpa ihop sig till större aggregat innan de avsattes på bottnen. På detta vis skapades leror som kom att innehålla en extra stor andel vatten.

På grund av landhöjningen har lerlager som tidigare låg under havsytan lyfts upp och ligger nu ofta långt upp på land. Sött grund- och ytvatten har därmed börjat genomströmma lerlagren och sakta laka ut saltet. Detta har medfört att de krafter som håller ihop aggregaten av lerpartiklar försvagats och i en del lerlager har denna process medfört att så kallad kvicklera har bildats. Salturlakning är den huvudsakliga anledningen till kvicklerebildning. Lokalt kan kvicklera också bildas i mindre omfattning på grund av andra förändringar i porvattnets kemiska förhållanden som exempelvis infiltration av humussyror från torvmossar.

Stora skred i lera består vanligen av flera delskred. Särskilt om leran består av kvicklera kan stora skred utvecklas successivt och relativt snabbt efter det att ett initialskred har inträffat. Kvicklera är vanligt förekommande i Götaälvdalen.

Enligt de klimatscenarier som tagits fram för detta område för det närmaste århundradet framgår att det kommer att bli en ökad avrinning, ökad årsnederbörd, men också mer torra perioder under sommarhalvåret samt fler häftiga regn. Detta leder till ökad erosion, periodvis större vattenflöden men också perioder med lägre flöden (t.ex. SOU 2007:60). Slänter kan till följd av dessa förändringar bli instabila redan vid små förändringar och sannolikheten för skred och ras kommer att öka (Hultén m.fl., 2006) I Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) påpekas att risken för översvämningar, ras, skred och erosion ökar på många håll.

1.2. Inträffade skred i Göta älvdalen

Samtliga skred som skett finns inte dokumenterade. De skred som finns dokumenterade är de skred som påverkat anläggningar och aktiviteter i området. Det äldsta noterade skredet, det s k *Jordfallskredet*, inträffade omkring år 1150 på älvens östra sida i Bohus. Skredet omfattade ca 370 000 m^2 vilket i stort motsvarar hela nuvarande Bohus samhälle. Skredkanten ligger ca 1,5 km från älvens strandlinje (Hultén mfl., 2006). Skredet orsakade en nästan fullständig dämning av älven och orsakade en permanent förflyttning av älvfåran (Göransson, 2011).

Skredet vid *Intagan* år 1648 var en stor katastrof. Skredet var ca 270 000 m^2 stort. Skredmassorna dämde upp älven och orsakade en översvämning som kostade minst 85 människor livet. Ett stort antal hus och fartyg förstördes norr om Intagan. En flodvåg uppstod som orsakade stora skadeverkningar miltals nedströms skredet (t.ex. Hultén m.fl., 2006). I modern tid har skred inträffat i bl.a Surte 1950, Göta 1957, Agnesberg 1993 och Ballabo 1996. (Hultén m.fl., 2006).

Surteskredet
Surteskredet inträffade i september 1950 och omfattade ett ca 400 m brett och 600 m stort område i södra delen av Surte samhälle. Inom området fanns 31 bostadshus och olyckan krävde ett dödsoffer och två personer skadades allvarligt (Hulten m.fl., 2006). Jordmassor försköts ca 100 m ut i älven vilket resulterade i en smal ränna istället för den normala älven (Göransson, 2011). Älvbotten höjdes ca 9,5 m (från 5,5 m under vattenytan till 4 m över vattenytan). Vattnet lyftes upp i luften och rann av så att det blev en kaskad av vatten enligt ögonvittnen. Händelsen orsakade en flera meter hög flodvåg (Göransson, 2011).
(Foto, SGI, 1952)[1]

[1] Jakobson, B.,1952, The landslide at Surte on the Göta River, Royal Swedish Geotechnical Institute, Proceedings No 5, Stockholm.

Götaskredet
Götaskredet inträffade i juni 1957. Skredet omfattade ett ca 1 500 m stort område längs älven och sträckte sig ca 200 – 300 m in från älvens strandlinje (d.v.s. ca 370 000 m^2). Tre personer omkom och ytterligare tre skadades. Jordmassor försköts ca 70 m ut i älven. Skredmassorna täppte till älven genom att älvfåran sammanpressades från 120 m till 50 m och skapade en ca 6 m hög våg som orsakade stora översvämningar (Hultén m.fl., 2006, Göransson, 2011).

Foto: Pressfoto, 1957

Agnesbergs- och Ballaboskreden
Agnesbergsskredet inträffade i april 1993 och föreföll till en början obetydligt men hotbilden visade sig vara allvarlig (Larsson m.fl, 1994). Efter omfattande utrednings- och förstärkningsarbeten kunde området säkras (Larsson m.fl., 1994; Hulten m.fl., 2006). Skredet som därmed kan räknas som ett relativt litet skred uppgick till 2 400 m2 och en volym av 9 600 m3 och resulterade i en 2 m stor uppgrundning.

Ballaboskredet skedde i april 1996 och omfattade en ca 110 m lång sträcka längs Göta älv och sträckte sig ca 50 – 70 m bakåt från älvstranden. Det fanns ingen bebyggelse inom området, men sjöfarten påverkades genom den uppgrundning (5 m) som orsakades av skredet (Larsson m.fl., 1994; Hultén m.fl., 2006, Göransson, 2011).

1.3. Metodik konsekvensbedömning

Uppdraget *”Klimatanpassning – Skredförutsättningar i Göta älvdalen”*, ofta benämnt Göta älvutredningen (GÄU) innefattar en samlad riskanalys med beräkningar av sannolikheten för skred och värdering av de konsekvenser som skred kan ge upphov till. I föreliggande uppdrag, *Metodik konsekvensbedömning* beaktas konsekvenserna av skred. Syftet är att utveckla och använda den modell som tidigare använts för skredriskanalyser för att bedöma och grafiskt redovisa konsekvensen i form av konsekvensklass i GIS inom utredningsområdet.

I den metod som tagits fram beaktas direkta konsekvenser av skred och den dämning som kan uppstå, emedan de skador och andra konsekvenser som kan uppstå även på mycket stora avstånd till följd av den flodvåg som kan bildas inte ingår i analysen. I Andersson-Sköld (2011) redovisas beräkningar som utförts av SMHI (Lindahl, 2010) kring hydrologiska konsekvenser av dämning av älven som kan uppstå till följd av ett skred. Inga kvantitativa bedömningar har gjorts baserat på dessa beräkningar. För de delar av älven där en allvarlig översvämning förväntas till följd av ett skred föreslås istället att detta hanteras som en mycket allvarlig konsekvens.

Människors lidande, sorg eller ökat obehag och minskad bekvämlighet kan vara av mycket stor betydelse men det finns inte utrymme inom föreliggande uppdrag för att det skall ingå i analysen.

Såväl primära som sekundära konsekvenser av ett skred identifieras. Den slutliga analysen baseras på tillgängliga underlag, data och information. Information har tillhandahållits via inköp, öppna dataregister och databaser, litteraturgenomgång samt förfrågningar. Förfrågningarna har gjorts genom att kontakter tagits framförallt med kommuner och länsstyrelse men också med universitet, högskolor, statliga verk- och myndigheter, branscher, verksamhetsutövare o.s.v. Viss information finns inte att tillgå. Viss information kan också vara, och är ofta, mycket plats- och verksamhetsspecifik och skulle kräva alltför stor insats att ta fram. Den metodik som utvecklats inom ramen för föreliggande uppdrag kan dock appliceras på mindre avgränsade områden där sådan information kan tas fram och användas vid fördjupade och mer detaljerade analyser.

Analysen bygger på ett flertal antaganden och ansatser. Även i de fall data och underlag finns tillgängliga görs ansatser och antaganden. Resultaten av denna analys är därför inte exakta eller absoluta.

För att beskriva en del av osäkerheten görs en känslighetsanalys. Såväl vid konsekvensbedömningen, som känslighetsanalysen kan inte alla aspekter innefattas på grund av otillräcklig kännedom och otillräckliga underlag för att kunna beskriva en händelse eller den osäkerhet som finns i de underlag, antaganden och ansatser som gjorts. Denna osäkerhet kan vi inte kvantitativt beskriva. Avsikten har dock varit att transparensen i vad som ingår, respektive inte ingår, skall vara tydlig och beskrivs mer i detalj i *Metodik Konsekvensbedömning* - (*G*ÄU 12) samt de underlagsrapporter som den baseras på.

Nedan redovisas kort hur metoden har använts för respektive konsekvenssektor för att göra en monetär värdering av skred. Därefter ges en beskrivning av den känslighetsanalys som utförts. Därefter följer en redovisning av hur den totala konsekvensen kan bedömas och delas in i konsekvensklasser samt resultaten när det redovisas i form av konsekvensklasser i GIS för hela utredningsområdet.

2. APPLICERING AV METOD FÖR KONSEKVENSBEDÖMNING AV SKRED INOM UTREDNINGSOMRÅDET

Inför applicering av konsekvensbedömning för hela utredningsområdet har möjliga metoder analyserats och därefter har den mest lämpliga valts för respektive sektor som ingår i analysen. Valet av metod baseras på hur väl den beskriver konsekvensen, eller konsekvenserna, för respektive sektor samt de underlag som finns tillgängliga för att kunna använda värderingsmetoden. De olika metoderna beskrivs dels övergripande i en sammanställning av Andersson-Sköld (2011) och i större detalj i de sektorsrapporter som utgör underlag för sammanställningen. Vid applicering för hela utredningsområdet finns viss variation i tillgängligheten av underlagsdata för olika områden.

Nedan beskrivs först kort den metod som valts för att beskriva konsekvenser inom respektive sektor. Därefter redovisas de underlag, och/eller källan till de underlag, som använts för hela utredningsområdet.

2.1. Bebyggelse

2.1.1. Vald metod för beräkning av fastigheters värde

Vid konsekvensbedömning av fastigheter som drabbas av skred antas att fastigheten helt måste återställas eller förlora i försäljningsvärde. Värdet för att beskriva detta är ansatt till fastighetens marknadsvärde. Vidare fördelas fastighetens värde lika över hela fastighetens area (Andersson-Sköld, 2011, Falemo, 2011a). Vid en mer noggrann eller detaljerad analys kan man ta hänsyn till hur omfattningen och hur skredet mest sannolikt ser ut för den aktuella fastigheten (Falemo, 2011a). Till exempel kan då kan taxeringsvärde för tomten och byggnaden hållas separata och för fastigheter som har flera byggnader kan man ta hänsyn till på vilket sätt dessa olika byggnader kan antas drabbas genom att använda en andel av marknadsvärdet som förväntad kostnad (Falemo, 2011a).

För fastigheter *med* taxeringsvärde beräknas fastighetsvärdet som:

Marknadsvärde = taxeringsvärde * köpeskillingskoefficient

För byggnader *utan* taxeringsvärde kan värdet beräknas, utan att ta med markvärdet, som:

Marknadsvärde = BTA * schablon

där BTA avser bruttototalarea och schablon avser schablonvärde per kvadratmeter för aktuell typ av byggnad. För att detta skall vara relevant krävs att BTA är känt.

2.1.2. Underlag som används för monetär värdering av fastigheter inom utredningsområdet

För det aktuella utredningsområdet har byggnader och mark inventerats utifrån Fastighetskartan i GIS (Lantmäteriet MS2009/09509). Genom typkoder kan man dessutom få

information om byggnadstyp (inklusive småhus och hyreshusenheter). Av landets ca 4 miljoner fastighetsskiften redovisas i dagsläget ca 3,9 miljoner fastighetsytor (Lantmäteriet, 2010).

Till fastighetskartan har typkod, taxeringsvärde och samtaxeringsnyckel köpts in för samtliga fastigheter (Lantmäteriet MS2009/9792). Typkoden visar vad fastigheten används till (förteckning över typkoder finns i Bilaga 1 i Falemo, 2011a). Samtaxeringsnyckeln visar om fastigheten taxeras tillsammans med andra fastigheter och den används för att undvika dubbelräkning av fastighetsvärdet.

Inventering av specialfastigheter (fastigheter utan taxeringsvärde såsom t.ex. skolor och vårdbyggnader) har gjorts med hjälp av fastighetskartans typkoder, där fastigheter med typkod i 800-serien söks ut. Aktuella fastigheter har sammanställts kommunvis och kontakt har tagits med kommuner och landsting för att få information om namn, verksamhet och bruttototalarea (BTA) för respektive fastighet. Arbetet med att ta fram denna information är mycket tidskrävande och det har därför inte varit möjligt att erhålla den för samtliga specialfastigheter inom hela utredningsområdet. Om fördjupade, eller mer detaljerade, studier skall göras föreslås att denna information tas fram.

2.2. Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv

2.2.1. Konsekvensbedömning

För att bedöma möjligheten för att personer skall drabbas av skada till följd av ett skred så behöver man kunna bedöma hur många som kan antas befinna sig vid platsen för denna händelse (exponeringen). Detta baseras på antal boende, förvärvsarbetande, skolever etc. med hänsyn till vistelsetid. Vistelsetiden ska ses som tiden under risk. Den uttrycks som närvarofaktor vilken speglar andel av dygnet en genomsnittsperson antas befinna sig på en plats såsom hem, skola, arbetsplats.

Förutom att bedöma hur många personer som befinner sig inom ett område som drabbas av ett skred bör man bedöma skadegraden, den så kallade betingade sårbarheten för en viss skada. I föreliggande uppdrag anges betingad sårbarhet för att beskriva dödligheten när man befinner sig inom ett skredområde vid själva skredtillfället. Den betingade sårbarheten har tagits fram baserat på dokumenterad information från tidigare händelser i Sverige och Norge (Skrednett[2] i Norge, MSB:s Naturolycksdatabas (MSB, 2009a) och skredrapporter) och innebär en bedömning av förutsättningar för att en person inom skredområdet vid ett skred skall drabbas (Andersson-Sköld, 2011, Falemo 2011b). Allvarliga och lindriga skador kan i princip beskrivas på samma sätt, men det saknas underlag för att genomföra sådana beräkningar. I den känslighetsanalys som görs ingår dock en grov skattning av en möjlig samhällsekonomisk kostnad för allvarliga respektive lindriga skador som kan uppstå till följd av skred.

2.2.2. Vald metod

Den framarbetade metoden för monetär värdering av konsekvensen med avseende på statistiskt liv, *C(VSL)*, inklusive räddningsinsats per antal närvarande beräknas sammanfattningsvis enligt nedan uttryck (Andersson-Sköld, 2011, Falemo, 2011b):

[2] NGU & NVE, Skrenett. Databas: tillgänglig: http://www.skrednett.no (Nov 2010)

$$C(VSL) = (P_p \cdot e_p + P_i \cdot e_i + P_e \cdot e_e) \cdot (V \cdot VSL + 0{,}4)$$

Där *C(VSL)* är konsekvensen med avseende på statistiskt liv uttryckt i Mkr; P_p är antalet elever; P_i är antalet boende, P_e är antalet anställda, e_p är elevernas närvarofaktor, e_i är boendes närvarofaktor, e_e är anställdas närvarofaktor. Tillfälliga besökare eller förbipasserande beaktas inte. V är betingad sårbarhet för samtliga grupper, och VSL är värdet av ett statistiskt liv som enligt SIKA (2009) uppgår till 23,534 Mkr i 2009 års penningvärde. I Tabell 1 nedan anges de värden som används för beräkning av konsekvensen med avseende på statistiskt liv vid skred i Göta älvutredningen.

Tabell 1 Värden som används för beräkning av människors sårbarhet vid skred i Göta älvutredningen .

Kategori		**Faktor**
VSL		23 534 000 kr (2009)
V		0,16
Närvarofaktor	e_i (boende)	0,69
	e_e (anställda)	0,24
	e_p (elever)	0,14

2.2.3. Underlag som används för monetär värdering av statistiskt liv inom utredningsområdet

För inventeringen av antal boende som kan drabbas av ett skred användes ett utdrag ur SCB:s register över totalbefolkningen per 2008-12-31 redovisat i GIS (SCB 2009). Sekretesslagstiftningen tillåter att antal boende redovisas geografiskt i ett rutnät med upplösningen 100 m x 100 m, där varje ruta innehåller information om antal boende samt befolkningstyngdpunkt i rutan. Värdet i rutor med två personer har satts till 3, och de med en person har satts till 0, i övrigt redovisas exakt antal boende per ruta. Detta är den mest högupplösta befolkningsdata som går att beställa utan att speciellt tillstånd måste sökas.

För de arbetsställen som ligger inom utredningsområdet har uppgifter om antal förvärvsarbetande och platsen för deras sysselsättning köpts in som GIS-data från SCB (SCB, 2010). Förekomst av skolor, förskolor, gymnasier och andra utbildningsställen inom utredningsområdet har inventerats med hjälp av Fastighetskartan. Antalet elever på utbildningsställena har inventerats genom kontakter med respektive kommun. De data som levererats för elevantal har placerats in som attribut vid tillhörande fastighet.

2.3. Väg och järnväg

2.3.1. Kostnad för avstängning och återställande av väg och järnväg

Kostnad för omledning samt återställande av väg och järnväg ingår i konsekvensvärderingen. Omledningskostnaden är ansatt för ett stopp på 33 dygn per 100 m drabbad väg, eller järnväg, och beror av trafikintensitet samt omledningsmöjligheter. Den kostnad som ansatts baseras på modellberäkningar för olika typ-scenarier. För brott på väg har fyra olika brottpunkter varit utgångspunkten för respektive scenario. Varje brottpunkt har därefter ansatts gälla för en längre sträcka med likartade förhållanden. De brottpunkter som ansatts vid modellsimuleringarna framgår av figur 1 nedan. För järnväg valdes enbart två scenarier, norr respektive söder om Älvängen. De olika scenarierna, modeller som använts och vad som innefattas vid modellsimuleringar beskrivs sammanfattande i Andersson-Sköld (2011) och mer utförligt i Bergman (2011a) samt referenser däri.

Figur 1 Brottpunkter för beräkning av omledningskostnad väg 45 anges med röda prickar (A-F). Bilden hämtad från Röcklinger (2011)

Utöver de konsekvenser som kommer av att en väg eller järnväg är avstängd och obrukbar kommer direkta kostnader i samband med att vägen eller järnvägen ska återställas. Som underlag för en sådan bedömning har tidigare kända kostnader, uppdragsredovisningar och andra studier använts för att göra en uppskattning av dessa kostnader för olika vägtyper. Inom föreliggande uppdrag har möjliga kostnader för återställande av järnväg, samt för större statliga och mindre kommunala gator och vägar sammanställts och redovisas i Bergman (2011a;b).

Sammanfattningsvis ansätts följande kostnader för omledning samt återställande av skilda vägsträckningar – per 100 m drabbad väg.

Sträcka A/B, från Göteborg upp till jordfallsbron (Surte): 52 +12 = 64 Mkr

Sträcka D, från jordfallsbron till Lilla Viken: 134 +12 = 146 Mkr

Sträcka C, Älvängen: 52 + 12 = 64 Mkr

Sträcka E, Göta: 26 + 12 = 38 Mkr

Sträcka F, Utby-Slumpån: 15 + 12 = 27 Mkr

För den mindre vägen på västra sidan av Göta älv ansätts en omledningskostnad av 15 Mkr och en återställandekostnad motsvarande 1 Mkr. För lokala vägar ansätts en återställandekostnad motsvarande 1 Mkr per 100 m väg. För detaljer och information kring hur dessa värden tagits fram hänvisas till Andersson-Sköld (2011) samt mer utförligt i Bergman (2011b) och referenser däri.

Den totala kostnaden för omledning och återställande av järnväg har på samma sätt ansatts till 30 Mkr per 100 m järnväg för sträckor norr om Älvängen och 42 Mkr per 100 m järnväg för sträckor söder om Älvängen.

Om en väg eller järnvägsbro drabbas är den återställningskostnad som används inom föreliggande uppdrag ansatt att uppgå till 20 000 kr per kvadratmeter (2009 års prisnivå).

2.3.2. Underlag som används för monetär värdering när ett skred drabbar väg eller järnväg

För den monetära värderingen för väg och järnväg har GIS-raster med vektordata levererat ifrån Trafikverket använts (Trafikverket, 2011). Vägarna har delats upp i kommunala vägar och Europaväg (E45). Vektordata har delats in i 100 meter långa delar och tilldelats det värde som angivits enligt ovan (Fahlberg och Öberg, 2011).

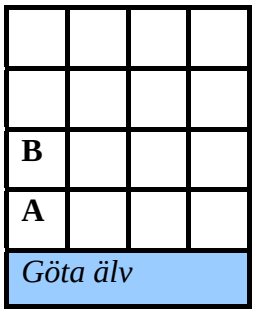
Broar har ritats ut för hand efter översiktskartan i ArcGIS 10 och angetts värdet 20 000 kr per kvadratmeter. Bredden har antagits vara 15 meter, en siffra som har antagits efter dimensionering för vägbroar.

2.4. Sjöfart

Det finns inga vedertagna metoder för att bedöma konsekvensen av skred för sjöfartssektorn. Den bedömning som görs i föreliggande uppdrag baseras på kontakter och intervjuer samt information som finns tillgänglig från tidigare händelser och när möjligt tidigare utredningar

Inom sjöfartssektorn görs en uppdelning för skred som sker precis vid älvkanten respektive för de delar som sträcker sig på större avstånd än 100 m från älven. Detta för att beskriva hur de skredade massorna skall hanteras. För skred vid älvkanten ingår en to-

talkostnad för både muddringsarbete och förstärkning av älvkanten (A). För skred som påverkar större partier än 100 m från älvkanten innefattas för denna del av skredet enbart kostnader för att muddra (B).



I nedan Tabell 2 anges de kostnader som används för de konsekvenser som beaktas inom konsekvenssektorn sjöfart för hela utredningsområdet inom Göta älvutredningen. För mer detaljer och information kring sjöfart och underlaget för detta se Bergman (2011c) samt bilagor och referenser däri.

Tabell 2 Sammanställning av de kostnader som används för att beskriva konsekvenser inom konsekvenssektorn sjöfart.

Åtgärd	Ansatt kostnad per hektar (Mkr)
Akut insats, återställande av farled (muddring), förstärkningsåtgärder (gäller < 100 m från älven) (A)	51
Muddring (> 100 m från älven) (M)	2,5
Deponering av ej förorenat sediment (Dep)	2,5
Fartyg (F)	1
Rutenheter närmast älven (A+Dep+F)	**55**
Rutenheter > 100 m från älven (M+Dep+F)	**6**

2.4.1. Underlag och GIS-metod som används för monetär värdering för sjöfart

Ett rutnät med 100 x 100 meters rutor ritades ut över polygonlagret för sjöar i översiktskartan. De gridrutor som innehåller lagrets kantlinje tilldelades värdet 55 Mkr då de ligger närmast Göta älvs strandkant. För rutor som ligger mer än 100 meter ifrån strandkanten tillsattes ett värde på 6 Mkr per ruta.

2.5. Energi och ledningssystem

För energi och andra samhällsviktiga system såsom tele, bredband o.s.v. kan såväl de direkta som indirekta konsekvenserna av ett skred bli mycket omfattande för hela regionen. Sambanden är dock mycket komplexa och svårbedömda. Inom ramarna för föreliggande uppdrag kan därför enbart de återställnings-, eller ersättningskostnader som krävs för att upprätthålla den befintliga strukturen beaktas. En stor del av kostnaderna vid installation av ledningar är grävkostnader. Det är därför kostnadseffektivt om det görs, eller förbereds för till exempel genom tomrör, vid annat grävarbete till exempel för vatten och avlopp (Frogner-Kockum, 20111) Eftersom ett skred antas påverka samtliga ledningssystem vid platsen för skredet, och eftersom en grundkostnad för åtgärder vid skred ansätts inom sektorn sjöfart och anläggningskostnader för ledningar ingår inom va-sektorn, ansätts inte någon extra kostnad för grävkostnader.

I Tabell 3 redovisas de ansatta värden som används för den monetära värderingen inom sektorn energi och ledningssystem inom Götaälvutredningen. För mer detaljerade eller fördjupade analyser föreslår vi att de värden som redovisas i tabellerna 13-16 i Andersson-Sköld (2011) används, samt att mer detaljerad och platsspecifik information inhämtas för det aktuella området.

Tabell 3 Sammanställning av de kostnader (Mkr) som ansätts inom konsekvenssektorn energi och ledningssystem

Anläggning	**Ansatt kostnad (Mkr)**
Vattenkraftverk	Behandlas som allvarligaste konsekvensklass
El-ledningar /Spänning	**Uppskattad kostnad per 100 m**
12 kV (högspänning)	0,07 (Vattenfall)
400 V (lågspänning servis)	0,07(Vattenfall)
400 V (lågspänning stam)	0,05 (Vattenfall)
Transformatorstationer /Spänning	**Uppskattad kostnad i Mkr**
Liten transformatorstation/nätstation för distribution (matning av ett kvarter, villaområde):	0,5
Transformatorstation 40/10 kV (försörjning till mindre samhälle	20 Mkr
Transformatorstation 130 kV (försörjning större samhälle, större industri typ AKZO Nobel Bohus)	50 Mkr

2.5.1. Underlag som används för monetär värdering av energi och ledningssystem

Energi är indelat i Vattenkraftverk, El-ledningar och Transformatorstationer. Indata har sammanställts av Mats Öberg (SGI) inom föreliggande uppdrag. Underlag har tillhandahållits från Vattenfall. Kontakter har också tagits med kommuner och andra aktörer men det arbete som krävs för att erhålla detaljerad information kan vara mycket tidskrävande och underlaget är därför varierande.

Därför är enbart de underlag som kunnat delges inom tidsramen för föreliggande projekt med i värderingen.Vid den monetära värderingen har el-ledningar delats in i Högspänning och Lågspänning där högspänningskablar har en spänning på 11 000 volt och lågspänningskablar har en spänning som motsvarar 4 000 volt. Ledningarna som använts är hängkabel, luftledning och kabel. För högspänningsledning har värdet 0,07 Mkr per 100 m antagits och för lågspänningsledning har värdet 0,05Mkr antagits enligt Tabell 3 ovan.

För de nätstationer och transformatorstationer som tillhandahållits information om från Vattenfall har varje nätstation tilldelats värdet 0,5Mkr och varje transformatorstation har tilldelats värdet 50 Mkr.

För mer detaljerade eller fördjupade analyser föreslår vi att mer detaljerad och platsspecifik information inhämtas för det aktuella området.

2.6. VA

Liksom för energi och ledningssystem värderas endast de objekt som antas direkt drabbas av ett skred, och de va-anläggningar och ledningssystem som drabbas antas totalförstöras så att restvärdet blir noll. Anläggningar/ledningssystem har indelats i ytformiga, linjeformiga och punktformiga anläggningar.

Ytformiga anläggningar består av ett nät av ledningar, inklusive servisledningar, med klena dimensioner som behövs för den lokala va-försörjningen. Linjeformiga anläggningar utgörs av ledningar med grövre dimensioner som är nödvändiga för att försörja större områden, t.ex. överföringsledningar och huvudledningar. Till de punktformiga anläggningar hör vattenverk, avloppsreningsverk, pumpstationer och tryckledningsstationer. För nybyggnation av ledningar beräknas kostnaderna med hjälp av KP-fakta 2010 (KP 2010). Till entreprenadkostnaderna läggs 25 % för projektering, kommunens byggledning och kontroll. För större ledningar (Göteborgs kommun) har kostnader inhämtats från tekniska förvaltningar.

I Tabell 4 nedan anges den kostnad som ansätts för hela utredningsområdet inom Göta älvutredningen. För mer detaljer och information kring de olika aspekter som beräknas inom konsekvenssektorn och underlaget för detta se Rihm (2011) samt referenser däri.

Tabell 4 Ansatta kostnader (Mkr) som beskriver konsekvensen för va-anläggningar som drabbas till följd av skred och som inte ingår i fastigheternas marknadsvärde (2009 års priser). (Från Rihm, 2011).

Anläggning	Värde för schablonkostnad, Mkr
Avloppsreningsverk och vattenverk > 8 000 pe	150
Avloppsreningsverk och vattenverk 1 000 < pe < 8 000	50
Avloppsreningsverk och vattenverk < 1 000 pe	10
Pump- och tryckstegringsstationer	0,5
Pump- och tryckstegringsstationer alternativ	0,025 per hektar
Linjeformiga anläggningar *	0,003 per m
Ytformiga anläggningar, merkostnader som ej ingår i fastigheternas marknadsvärde	0,1 per ha

* Gäller för huvuddelen av utredningsområdet. Inom Göteborgs kommun kan skadekostnaderna bli betydligt högre med tanke på att ledningsnätet är betydligt grövre. För vissa huvudledningar kan skadekostnaden uppgå till mellan 10 000 och 80 000 kr per meter.

2.6.1. Underlag som används för monetär värdering va

För att inventera omfattning och utbredning av va-ledningar och andra va-anläggningar har kommunernas va-ledningskartor använts. Kartunderlag har erhållits från samtliga sex kommuner inom utredningsområdet. Underlagen föreligger i digitalt format men kan vara uppbyggda som GIS-system eller som CAD-system. I GIS-systemen är information om exempelvis ledningsdimension systematiskt kopplade till redovisade ledningar. För CAD-baserade system finns ingen sådan koppling. Istället finns beskrivande text som redovisas på en viss plats på kartan. Detta underlag har använts för att, genom okulära bedömningar, rita upp förenklade kartor som därefter digitaliserats och använts tillsammans med de värden som redovisas i Tabell 3 ovan för monetär värdering inom va-sektorn.

2.7. Miljöfarlig verksamhet och förorenade områden

För värdering av de kostnader som bedöms uppkomma till följd av att ett skred sker inom ett område som är förorenat, eller där det förekommer miljöfarlig verksamhet, har underlag som tillhandahållits av Länsstyrelsen i Västra Götaland använts.

Länsstyrelsernas Emissionsregister (EMIR) är en databas över miljöfarliga verksamheter. I denna är miljöfarliga verksamheter (industrier, avloppsreningsverk, deponier, jordbruk m.m.) klassade med de koder som framgår av bilagan till Förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och miljöskydd. EMIR ersätts från och med år 2010 av registret Miljöreda.

Det finns vidare anläggningar som omfattas av den så kallade Sevesolagen, lagen om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor (lag SFS 1999:381, förordning SFS 1999:382, föreskrift SRVFS 2005:2). Sevesoklassningen

avgörs av mängden farliga ämnen som finns vid en anläggning. Anläggningarna delas in i två grupper, högre och lägre kravnivån, där de i den högre kravnivån får hantera större mängder farliga ämnen och därmed får större skyldigheter enligt lagen (Länsstyrelsen i Västra Götaland 2009).

Förorenade områden klassas i Sverige enlig Metodik för inventering och riskklassning av förorenade områden (MIFO) (Naturvårdsverket 1999). I denna studie har använts ett utdrag ur Länsstyrelsernas MIFO-register. Materialet har också kompletterats med information från respektive kommun. (Observera att i detta system för riskklassning används den motsatta skalan mot klassning av släntstabilitet (skredriskklassning). I MIFO innebär således klass 1 mycket stor risk, medan klass 4 innebär liten risk).

Såvitt känt finns ingen etablerad metod för ex-ante värdering av samtliga kostnader som uppkommer till följd av att ett skred drabbar en miljöfarlig verksamhet, en Sevesoanläggning eller ett förorenat område. En konceptuell modell för detta har därför tagits fram inom föreliggande uppdrag. Denna beskrivs kort i Andersson-Sköld (2011) och i mer detalj i Helgesson & Rihm (2011).

En värdering som kan användas för hela utredningsområdet, kan för de tidsramar som finns dock endast ges i form av grova uppskattningar. Till detta finns flera orsaker. Vi har inom föreliggande uppdrag inte tillgång till mängder av lagrade farliga ämnen per verksamhet och utbredning, halt och mängder av förorenade massor är generellt dåligt kända. En slutsats av det arbete som hittills utförts inom föreliggande uppdrag är att underlaget för bedömningar av mängd och typ av föroreningar i många fall är *mycket* knapphändigt. För vissa verksamheter finns överhuvud taget inte mer information att få utan att nya miljötekniska undersökningar utförs. För andra anläggningar finns dokument att läsa men materialet kan vara mycket omfattande (Helgesson & Rihm, 2011). Vidare är varje verksamhet mycket specifik och för att rätt bedöma konsekvensen krävs detaljerade och verksamhetsspecifika utredningar. För Sevesoklassade anläggningar med hög kravnivå bedöms konsekvenserna på människors hälsa och på miljön bli så stora att endast den högsta konsekvensklassen kan komma ifråga (Helgesson & Rihm, 2011).

Det finns ett stort behov av att ta fram underlag genom ny forskning för att kunna bedöma den belastning på ekosystemet som ytterligare föroreningsbelastning på grund av ett skred skulle ge upphov till (Helgesson & Rihm, 2011).

Om ett förorenat område utsätts för ett skred kommer de samhällsekonomiska kostnaderna att öka, antingen genom att påverkan från föroreningarna ökar eller genom att saneringskostnaderna ökar eller en kombination av båda. Inom uppdraget har gjorts en ansats att beräkna såväl en samhällsekonomisk konsekvens som en beräkning av merkostnader för att marken är förorenad i förhållande till motsvarande mark om den inte vore förorenad. Inom uppdraget har vi valt att för utredningsområdet använda den bedömda kostnad som uppstår till följd av att marken är förorenad i förhållande till motsvarande mark om den inte vore förorenad. Det vill säga inom uppdraget bedöms merkostnaden till följd av att miljöfarlig verksamhet, Sevesoklassad verksamhet eller förorenat område drabbas. För mer detaljer och underlag till denna diskussion, se Helgesson & Rihm (2011). Resultat av ansatser och bedömningar av kostnader för miljöfarlig verksamhet och förorenade områden redovisas i Tabell 5 nedan. Om mer detaljerad in-

formation avseende verksamhets- och platsspecifika förhållanden, liksom kostnadsunderlag, finns tillgänglig för något objekt, bör dessa naturligtvis användas.

Tabell 5 *Värden som används som underlag för att beskriva merkostnader och samhällsekonomiska kostnader till följd av att det skreddrabbade området är förorenat eller att miljöfarlig verksamhet finns på platsen. (Helgesson & Rihm, 2011).*

Verksamhet	Bedömd merkostnad per ha (MKR)*
Förorenat område, Mycket hög risk (klass 1)	22
Förorenat område, Hög risk (klass 2)	14
Förorenat område, Måttlig risk (klass 3)	2,3
Förorenat område, Liten risk (klass 4)	0,5
Miljöfarlig verksamhet, A-anläggning	0,65
Miljöfarlig verksamhet, B-anläggning	0,4
Miljöfarlig verksamhet, C-anläggning	0,15
Seveso, Högre kravnivå**	Högsta konsekvensklass
Seveso, Lägre kravnivå**	0,65

* Saneringskostnader med avdrag för de kostnader som skulle ha uppstått om området inte varit förorenat
** Bör utredas vidare av verksamhetsägaren i samverkan med berörda myndigheter.

2.8. Näringsliv

Det finns ett antal stora viktiga verksamheter belägna i Göta älvdalen. Dessa är beroende av samhällsviktiga funktioner för att upprätthålla sin verksamhet. Beroendeförhållanden mellan sektorer är tydligt men komplext. Konsekvensen av ett skred kan också vara stor, även för de verksamheter som inte ligger direkt inom det område som drabbats av ett skred. Inom föreliggande uppdrag finns inte utrymme för att analysera och kvantifiera dessa konsekvenser till följd av de komplexa samband som råder. Vi ser därför metodik för att bedöma dessa komplexa konsekvenser av skred och andra naturolyckor som ett viktigt område att utveckla. Inom detta uppdrag har vi istället valt att göra en skattning av inverkan på näringslivet genom en mycket grov värdering av produktionsförlusten för verksamheter som direkt drabbas av ett skred. Vi ansätter att produktionsbortfallet i genomsnitt varar en månad.

För att skatta detta används information från SCB som beskriver antalet som arbetar inom en viss bransch i ett specifikt område, samt baserat på uppgifter om medellöner inom dessa branscher. Det vill säga vi gör en produktionsförlustskattning från inkomstsidan (konsumentsidan) (Grahn, 2011b). Metoden innefattar inte kapitalinkomster, vilket kan innebära en underskattning av produktionsförlusterna. Å andra sidan, löntagare som är sysselsatta inom branscher som får mer att göra efter ett skred kan ingå i beräkningen, vilket bidrar till att produktionsförlusterna överskattas. Mer detaljer och diskussioner som förts kring hur man kan värdera konsekvenser inom näringslivet vid ett skred eller andra naturolyckor finns i Grahn (2011b).

2.9. Naturmiljö och kulturarv

Att värdera också natur- och kulturvärden i monetära termer är mycket viktigt, eftersom dessa värden annars lätt glöms bort. Dock behöver metoder för värdering fortfarande utvecklas betydligt för att det ska vara möjligt att inkludera på samma villkor som t ex skador på järnväg till följd av ett skred (TEEB, 2010a, Suer, 2011).

För kulturarv har en metod för att värdera vissa värden, såsom inventarier, tagits fram och presenteras i Grahn (2011a). Det saknas dock metoder för flera aspekter och arbetet med att ta fram underlag kan vara omfattande, även då en metod finns. För exempel på värderingsmetoder som kan användas och utvecklas för att beskriva värdet av vårt kulturarv se Grahn (2011a).

Det finns också metoder som kan användas för att beskriva vissa naturvärden. Ett flertal av dessa presenteras i Suer (2011). Inverkan av ett skred på naturmiljön är dock mycket komplex. Det saknas inte bara metoder för en övergripande värdering, utan även underlag för att kvantitativt beskrivs såväl negativ som positiv inverkan av skred på naturmiljön på kort respektive lång sikt. Trots betydelsen av att kunna värdera natur- och kulturvärden i monetära termer, finner vi det därför inom föreliggande uppdrag orimligt att inkludera natursektorn i samma beräkning av konsekvenser som t ex trafiksektor, fastigheter och liv, även om det hade varit önskvärt. Vi finner det också viktigt att påpeka att, oberoende av vilken vinst eller förlust som själva skredet åstadkommer, medför de allra flesta åtgärder för att förebygga skred påverkan på naturmiljön och en inverkan som på något sätt skadar naturen.

Foto: SGI

3. SEKTORSBASERAD KÄNSLIGHETSANALYS

Konsekvensbedömningens resultat beror av valda metoder, ett antal antaganden och tillgång på material. Syftet med denna känslighetsanalys är att systematiskt undersöka kända osäkerheter. Genom att identifiera de faktorer som bidrar mest till osäkerheten i resultatet kan resurser riktas mot att förbättra kvaliteten i dessa variabler och bidra till att öka förståelsen av resultatet av bedömningen.

Det finns många osäkerheter om yttre faktorer i konsekvensbedömningen. Dessa osäkerheter kan vara; typ av skred, hur stort kan ett skred tänkas bli, vilken utformning det har, när det inträffar; om det orsakar översvämningar, osv. För att hantera ovissheten som finns kring ovanstående frågor har förenklande antaganden gjorts. Dessa beskrivs i *Metodik Konsekvensbedömning - Metodik för inventering och värdering av konsekvenser (Andersson-Sköld, 2011)* och de underlag som hänvisas till däri.

Utöver osäkerheten kring hur ett skred och dess konsekvenser skall beskrivas, finns också osäkerheter i de monetära värderingar som gjorts av konsekvenser som kan uppstå till följd av ett skred. Detta kan man hantera i en känslighetsanalys genom att ändra värdena inom rimliga gränser. Värdet av en specifik aspekt kan vara mycket varierande beroende på plats, tid och andra specifika omständigheter. Kombinationer av genomsnittskostnader kan dessutom leda till felaktiga kostnadsbedömningar om genomsnittskostnaderna döljer viktiga variationer i totalkostnaden (Naturvårdsverket, 2008). De kostnadsuppgifter som tagits fram inom de konsekvenssektorer som beaktas har också olika ursprung. Det kan vara erfarenhetsbaserade uppgifter, skattningar utifrån statistiskt underlag eller expertutlåtanden.

Här redovisas en sammanställning av den känslighetsanalys som gjorts. Denna baseras på kända intervall i de värden vi identifierat. Det vill säga: Vi utför inte en osäkerhetsanalys genom att försöka bedöma den totala osäkerhet som finns vid konsekvensvärderingen. Det görs till exempel inte något försök att bedöma och diskutera de aspekter som vi inte vet något om inom ramen för den känslighetsanalys som utförts inom uppdraget. Dessa diskussioner förs istället i *Metodik Konsekvensbedömning - Metodik för inventering och värdering av konsekvenser (Andersson-Sköld, 2011)* och de underlag som hänvisas till däri.

3.1. Metoder för känslighetsanalys

Utgångspunkten för den sektorsbaserade känslighetsanalysen är den valda metod för konsekvensbedömning som presenteras för respektive sektor i *(Andersson-Sköld, 2011)* samt i de sektorsvisa underlagsrapporter den baseras på. Spannet på de värden som testas baseras på de spann som redovisas i för respektive sektor däri.

Då sektorsområdena kan vara väldigt olika avseende typ av konsekvenser och osäkerheterna i de kostnadsuppgifter som har tagits fram har känslighetsanalyserna gjorts med ”Worst case/best case” scenario och eventuellt även med partiell känslighetsanalys. Om båda, eller enbart en metod har använts har valet gjorts baserat på vad som anses bäst beskriva osäkerheterna inom respektive sektorsområde. För mer detaljer se Grahn (2011c).

I ”worst case” testar man de mest pessimistiska (men rimliga) antaganden och i ”best case” de mest förmånliga. Partiell känslighetsanalys innebär att ett urval parametrar och variabler varieras för att undersöka betydelsen av denna variation emedan övriga parametrar hålls konstanta. Vilka faktorer man väljer att förändra beror av hur stor påverkan man tror denna faktor har och av osäkerheter kring skattningen av faktorerna i fråga (Grahn 2011c och referenser däri).

I följande avsnitt presenteras resultaten från den känslighetsanalys som gjorts för respektive sektor. Endast de kända osäkerhetsfaktorer inom varje sektorsområde som anses ha en betydande inverkan på uppskattade skadekostnader analyseras. En ytterligare begränsning som görs för att göra analyserna hanterbara är att de är baserade på förutsättningar som gäller för avgränsade och platsspecifika områden (fallstudieområden). Mer information och detaljer finns beskriven i Grahn (2011c).

3.2. Känslighetsanalys - Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv

I den känslighetsanalys som genomförts ingick att belysa betydelsen av närvarofaktorer, betingad sårbarhet samt värdet av statistiskt liv. Dessutom gavs ett exempel på vad skadekostnaden kan uppgå till Grahn, 2011c).

Närvarofaktorn beskriver betydelsen av hur många människor som antas befinna sig inom ett potentiellt skredområde. Dess betydelse har belysts genom att använda de värden för närvarofaktorer som tagits fram för dag- respektive natt (Falemo, 2011b). Största respektive lägsta värden för ansatta närvarofaktorer anges i Tabell 6 nedan.

Tabell 6 Lägsta(min) samt största (max) värden för närvarofaktorer, betingad sårbarhet och värdet på statistiskt liv (VSL) (Grahn, 2011c).

Kategori		**Min**	**Max**	**rekommenderade**
VSL		10,00 MSEK (2009)	55,80 MSEK (2009)	23,534 MSEK (2009)
Betingad sårbarhet		0,01	0,23	0,16
Närvarofaktor	Boende i	0,38 (dag)	1,00 (natt)	0,69
	Arbetande e	0 (natt)	0,48 (dag)	0,24
	Elever p	0 (natt)	0,28 (dag)	0,14
	Patienter	1,00	1,00	1,00

Faktorn för betingad sårbarhet är en sammanvägning av antalet individer som har omkommit i svenska och norska skred i förhållande till antalet närvarande individer vid tidpunkten för ett skred. Det lägsta värdet som anges i Tabell 6 på betingad sårbarhet (0,01) anger det värde som erhölls då enbart svenska skred utgjorde underlaget samt att antal individer närvarande vid dessa skred är högsta möjliga som kan ansättas baserat på de beskrivningar som finns att tillgå för respektive skred (bilaga 3 i Falemo, 2011b). Det

största värdet på betingad sårbarhet (0,23) baseras på underlag från enbart norska skred samt att antalet personer som var närvarande vid skredet var det lägsta möjliga som ansågs kunna ansättas baserat på de beskrivningar som finns att tillgå för respektive skred (bilaga 3 i Falemo, 2011b).

Det högsta respektive lägsta värdet för värdet på statistisk liv (VSL) baseras på en sammanställande diskussion i Johansson och Forslund (2009). Det lägsta värde på VSL som presenteras där är 10 Mkr (9,5 Mkr enligt 2006 års penningnivå) och baseras på Holland och Peye (2006). Det högsta är 55,8 Mkr enligt 2009 års penningnivå och baseras på USEPA (2009). Värdena har justeras till 2009 års prisnivå med konsumentprisindex (KPI) (Grahn, 2011c).

Känslighetsanalysen har gjorts för ett fallstudieområde som utgörs av ett 16 hektar stort område i Nol i Ale kommun. Inom området finns det 250 boende, 265 elever och anställda (Falemo, 2011c). Samma område används för känslighetsanalyser av sektorsområdena *Bebyggelse* och *Näringsliv*. Det Best case scenario som används kan spegla till exempel en helg då elever och anställda är lediga och många (62 %) väljer att tillbringa tid utanför hemmet. Worst case scenario ansätts vara ett skred som inträffar i ett bostadsområde nattetid (närvarofaktor 1 för boende) och med högsta faktor för betingad sårbarhet (Grahn, 2011c).

3.2.1. Resultat

Det monetära värde som fås för ”Worst case/best case” scenarierna sträcker sig från 22 Mkr för Best case till drygt 1,3 miljarder kronor för Worst case (Grahn, 2011c). Den partiella känslighetsanalysen visar att valet av samtliga de faktorer som ingår i analysen har effekt på resultatet av den monetära värderingen. När en faktor i taget varieras för betingad sårbarhet, VSL och respektive närvarofaktorer för boende, arbetande och elever och övriga ansätts samma värde som vid basfallet fås ett spann från 50 Mkr till 11 miljarder kronor. Vid denna analys är de faktorer som har störst inverkan på resultatet, närvarofaktor för boende, betingad sårbarhet och VSL, se Tabell 7 nedan. Fullständiga beräkningar redovisas i Grahn (2011c).

Tabell 7 Resultat från partiell känslighetsanalys av fallstudie Nol (Grahn, 2011c)

Faktor	**Mkr**
Basalternativ enligt antaganden och ansatser som anges i avsnitt 2.2	795
Betingad sårbarhet, 0,01	50
Betingad sårbarhet, 0,23	1 143
Närvaro boende 0,38	503
Närvaro boende 1,00	10 867
Närvaro arbetande 0,00	781
Närvaro arbetande 0,48	808
Närvaro elever 0,00	663
Närvaro elever 0,28	927
VSL 10 miljoner	338
VSL 55,8 miljoner	1 885

3.2.2. Inverkan av skadade på konsekvensvärderingen

Det finns i nuläget inget underlag för att beräkna andel svårt och lindrigt skadade bland närvarande individer i samband med skred. Skadekostnader för skadade individer är därmed inte med i de värderingar som görs inom föreliggande uppdrag. För att exemplifiera vilka kostnader som kan uppstå i samband med personolyckor relateras istället till kostnader för antalet omkomna baserat på exempel från Trafiksektorn där det finns underlag för en sådan bedömning (Grahn, 2011c). Vi vill poängtera att det är ett exempel som inte är direkt överförbart till skredsituationer. Exemplets syfte är enbart att tydliggöra att inte alla kostnader har tagits med i värderingen trots att de skulle kunna ha en stor inverkan på resultatet.

Enligt uppgifter från (Trafikverket 2008)[3] beräknas att vid trafikolyckor i samband med trafikarbete så är relationen 5,8 svårt skadade och 13 lindrigt skadade per omkommen. Om relationen mellan antal omkomna, svårt skadade och lindrigt skadade vid skred skulle vara ungefär detsamma som för trafikolyckor skulle den samlade kostnaden för fallstudie Nol öka med knappt 1,2 miljarder kronor (drygt 765 Mkr och 413 Mkr till följd av svårt respektive lindrigt skadade). Det innebär en ökning från 795 Mkr till 1 975 Mkr. Det vill säga det innebär mer än dubbelt så hög kostnad om även skador ingår i värderingen.

Exemplet visar på att värderingar där alla konsekvenser inte kan tas med kan vara kraftigt underskattande.

3.3. Känslighetsanalys – Bebyggelse

De underlagen som används för att värdera bebyggelse har köpts in från SCB och beskriver fastigheters marknadsvärde. Den osäkerhet som fås för denna hantering beror av marknadsvariationer och rör sig för de senaste åren om någon eller några procent (Falemo, 2011c). Givetvis kan konjunkturen påverka marknadsvärdet och det kan också finnas diskrepans mellan redovisade och reella försäljningsvärden. Vi anser dock att de siffror som tillhandahållits från SCB är de mest robusta vi kan tillhandahålla och har istället valt att undersöka betydelsen av värdet på inventarier.

Analysen baseras på kraftiga förenklingar av ansatser och antaganden: Underlaget för de monetära värdena är *Konsumenternas* hemsida [4] och de tumregler för värdering av lösöre som redovisas där och som utgår från försäkringsbolagens värderingsregler och för ett normalt standard hem utan några extra värdeföremål. Baserat på detta underlag är inventarierna per bostadsfastighet värda ca 0,5 Mkr. För mer detaljer se (Grahn, 2011c).

Inventariernas relativa betydelse kan beror av fastighetens värde. I Grahn (2011c) redovisas en grov analys som indikerar att inventariernas värde varierar mellan 20% till 65 % av marknadsvärdet. Den reella betydelsen beror även på i vilken omfattning inventarier förstörs. En del inventarier kan räddas även om inte själva huset kan räddas. Underlag för att beräkna hur stor andel av inventarier som totalförstörs i skreddrabbade fastigheter finns inte.

[3] Effektsamband för vägtransportsystem, Trafikverket
[4] http://www.bankforsakring.konsumenternas.se/

I detta uppdrag används platsspecifika marknadsvärden för fastigheter. Valet beror av tillgänglighet på information. Dock tas inte hänsyn till etiska aspekter och inte heller övriga värden knutna till respektive fastighet som kan vara värda att skydda.

3.4. Känslighetsanalys - VA

Nedan redovisas de ansatser och antaganden som görs för VA-sektorn inom utredningsområdet. I Tabell 8 nedan redovisas de kända kostnadsintervall som framkommit i arbetet med att ta fram schablonvärden (Rihm, 2011). Hänsyn till de anläggningar som finns i Göteborg har inte tagits. Motsvarande värden för Göteborg (eller andra storstäder) är givetvis betydligt större eftersom det är betydligt fler personer som skall servas av motsvarande anläggningar (Rihm, 2011). Variansen kan således vara ännu större än den som redovisas i Tabell 8, och vissa värden, till exempel på vatten- och avloppsreningsverk, kan avvika betydligt då andra områden skall analyseras. För varje analys av VA anläggningar på annan plats bör därför en analys av vilka VA verk som finns på plats, samt dess värde, göras.

Tabell 8 Kostnadsintervall och ansatt schablonkostnad för VA sektorn (Rihm, 2011)*

Anläggning	**Kostnadsintervall (Mkr)**	**Ansatt schablonkostnad (Mkr)**
Vattenverk	100-500	150
Avloppsreningsverk, > 8000 person ekvivalenter (pe)	100-500	150
Avloppsreningsverk, 1000< pe<8000 pe	25-100	50
Avloppsreningsverk, <1000 pe	5-25	10
Tryckstegringsstation	0,5-0,6	0,5
Pumpstation	0,5-0,6	0,5
Linjeformiga anläggningar	0,002-0,004 per m	0,003 per m
Ytformiga anläggningar Merkostnader som ej ingår i fastigheternas marknadsvärde	0-0,2 per ha	0,1 per ha

* Hänsyn till de anläggningar som finns i Göteborg har inte tagits. Motsvarande värden för Göteborg (eller andra storstäder) är givetvis betydligt större eftersom det är betydligt fler personer som skall servas av motsvarande anläggningar (Rihm, 2011)

Ovanstående värden har använts som underlag för att bedöma den identifierade osäkerheten. I ”Worst case/Best case” analysen ingår en jämförelse av kostnader förknippade med ett stort respektive litet skred (Grahn, 2011). Det lilla skredet antas drabba ett område av en hektar och det större skredet ett område av 16 hektar enligt de ansatser som beskrivs i Andersson-Sköld (2011). Syftet med denna analys är att ge ett intervall med realistiska yttre gränser för va-kostnader i samband med skred.

3.4.1. Resultat

I det fall som beskriver ”Best case” ansätts ett mindre skred där inga punktformiga anläggningar drabbas till följd av skredet. Mängden ledningar som antas drabbas av skredet antas vara desamma som inom det fallstudieområde i Lilla Edets kommun som beskrivs i Rihm (2011). Vidare ansätts att endast linje- samt ytformiga anläggningar drabbas. Detta Best case scenario uppgår till ett värde på mindre än 0,5 Mkr per ha. Motsvarande värde när ansatta schablonvärden används för samma fallstudieområde är 0,7 Mkr (Grahn, 2011c).

För ”Worst case” scenariot ansätts att utöver pumpstationer, linje- och ytformiga anläggningar också ett vattenverk och ett större avloppsreningsverk drabbas av skredet. För detta fall används de högsta kostnaderna som anges i Tabell 8 ovan. Den resulterande kostnaden för detta fall uppgår till drygt 1 miljard kronor (Grahn, 2011c).

Resultatet av ”best case/worst case” analysen ger således ett grovt intervall som sträcker sig från 0,5 miljoner kronor för ett litet skred upp till ca 1 miljard kronor för ett stort skred. Även om både ett vatten- och ett avloppsreningskverk i princip skulle kunna drabbas samtidigt av ett skred förekommer de inte på ett avstånd mindre än 100 m från varandra. Det största spannet per ett enhetsområde av en ha är således snarare 0,5 Mkr till drygt 500 Mkr och beror av vilka objekt som finns inom området. För områden med ett vatten- eller avloppsreningsverk varierar kostnaden mellan drygt 5 till drygt 500 Mkr. För mer detaljer kring känslighetsanalysen se Grahn (2011c).

Det finns ytterligare stora osäkerheter inom VA-sektorn. Dessa innefattar till exempel osäkerheter kring kostnader för att återställa vattenverk/avloppsreningsverk och om de överhuvudtaget kommer att återställas till dess tidigare form. Ytterligare undersökning av hur dimensioner av ledningar påverkar storleken på skadekostnader har inte genomförts. Det har vidare inte kommit fram några kostnader som kan rekommenderas till följd av försämrad vattenkvalitet eller följd av att tillgången till vatten måste upprätthållas och inte heller har inverkan av stängningsdagar till följd av grumling eller kortvarig föroreningsbelastning analyserats då kostnaden för detta anses ha endast en liten påverkan på de totala skadekostnaderna enligt tidigare studier (Rihm, 2011 och referenser däri). För mer detaljer och djupare diskussion se de studier och den diskussion som redovisas i Rihm (2011).

För att få en uppfattning om vilka kostnader som kan uppstå ingår det istället en exempelberäkning på vilka kostnader som kan uppstå till följd av vattenburen smitta i känslighetsanalysen (Grahn, 2011c). Lilla Edets kommun drabbades 2008 av ett utbrott med magsjuka (calicivirus). Det var med största sannolikhet förorenat dricksvatten som orsakade utbrottet. En enkätundersökning visade på att ca 2400 personer i kommunen insjuknade under utbrottet (Västra Götalandsregionen 2009). I en annan studie gjordes en kostnadsnyttoanalys av installation av ultrafilter vid Alelyckan och Lackarebäcks vattenverk (WSP, 2010). Enligt den studien ansattes att varje sjukdomsfall orsakat av vattenburen smitta uppgår till 12 950 kronor. Om motsvarande värde ansätts för det utbrott som drabbade Lilla Edet skulle detta motsvara ca 31 Mkr. Under mycket olyckliga omständigheter kan ett skred medföra att det sprids bakterier som kan medföra motsvarande utbrott, men det finns inget underlag för att anta att ett skred kommer att orsaka liknande utbrott.

Sammanfattningsvis, om ett skred drabbar VA-sektorn har skador på vattenverk och avloppsreningsverk störst påverkan på den totala skadekostnaden. Ett sjukdomsutbrott som drabbar ett samhälle skulle kunna bidra med en betydande kostnad enligt exemplet från utbrott med magsjuka i Lilla Edet ovan men det finns för närvarande inget underlag för att anta att ett skred kommer att orsaka liknande utbrott. För mer detaljer kring beräkningar se Grahn (2011c.).

3.5. Känslighetsanalys – Energi och ledningsnät

Analys av kostnader för skador på distributionsnät för el och fjärrvärmeledningar är baserat på det 400 m x 400 m fallstudieområde i Lilla Edets tätort som presenteras i underlagsrapporten Energi och ledningsnät (Frogner-Kockum, 2011). Totalt finns 5414 meter markburen ledning i fallstudieområdet. Fördelningen av markburen elkabel i fallstudieområdet är 65 procent 0,4 kV kabel och 35 procent 10 kV kabel. Den totala kostnaden för att nyanlägga 5414 m markburna ledningar inom området är ca 3,8 Mkr (0,24 Mkr/ha). Medelkostnaden för såväl 0,4 kV ledningar som 10 kV ledningar är 1.9 Mkr inom området. Inom området finns två transformatorstationer. Vi antar att dessa är för matning av villaområdet. Kostnaden för dessa är i storleksordning 0,75 Mkr per styck. Inga stamnätsledningar är med i beräkningen. Fjärrvärmesystemet i fallstudieområdet består totalt av 2280 meter fjärrvärmerör till en kostnad av 5000 kronor per meter. Kostnad för ett skred som drabbar fallstudieområdet där samtliga dessa enheter förstörs uppgår således till 11,4 Mkr, eller 0,7 Mkr per hektar om de fördelas lika över hela området.

För denna sektor är den stora osäkerheten, liksom inom VA-sektorn, förknippad med kostnader och konsekvenser för stora anläggningar. Den största konsekvensen är ett skred som medför att ett vattenkraftverk drabbas. Konsekvensen som kan uppstå anses här vara så stor att endast den mest allvarliga konsekvensklassen är relevant. Vi har inte beräknat någon kostnad för en sådan händelse. Det ”worst case” scenario vi tittar på är istället ett exempel på ett område där det finns både markburna ledningar, fjärrvärmekulvertar och en stor transformatorstation. För ”best case” scenariot ansätts att det inte finns någon stor transformatorstation eller fjärrvärmekulvertar. Bästa fallet ger ett hektarvärde på ca 1 Mkr och värsta fallet ger ett hektarvärde på 53,8 Mkr. Skadekostnaden och dess inverkan på den totala konsekvensvärderingen beror av vilken typ av anläggning som drabbas och storleken på transformatorstationer.

3.6. Känslighetsanalys väg

Ett ”worst case” för väg inom utredningsområdet kan vara att ett skred bidrar till att både europaväg 45 och kommunala vägar drabbas hårt. Ett ”best case” kan istället vara att inga större, eller viktiga, vägar drabbas. För att exemeplifiera ett ”best case” ansätts ett skred på västra sidan älven som innebär att det inte blir betydande omledningskostnader utan enbar kostnader för återställande av kommunala vägar

För best case, som innebär endast återställande av kommunal väg, fås ett spann som varierar mellan 2,8 Mkr till 5,6 Mkr per ha för det valda fallet.

För ”worst case” krävs såväl återställning av de vägar som drabbas som omledning av trafiken. Omlednignskostnaden beror av tiden för återställande. Tiden för återställande

är dock mycket svår att bedöma. Vid beräkningar med EVA eller Sampers görs dessa för ett år. För att hantera en återställningstid på t.ex. en månad (30 dagar), görs det enkla antagandet att det värde som simulerats med EVA eller Sampers kan delas med 12 för att få den omledningskostnad detta motsvarar enligt Trafikverket. Vi har baserat på tidigare händelser och diskussion med Trafikverket ansatt att det tar ca 33 dagar att återställa 100 m väg. Genom att ansätta de högsta återställningskostnader som vi identifierat och den högsta beräknade omlednignskostnaden för den mest sårbara punkten av de scenarier som analyseras fås en totalkostnad för ett worst case som uppgår till 253 Mkr. Om det är en kortare eller längre tid för återställande kommer siffran att minska respektive öka. I nedan Tabell 9 ges en sammanställning över det spann som identifierats för ansatta tiden för återställning motsvarande 33 dagar.

Tabell 9 Kostnadsintervall som identifierats för väg kostnaderna är angivna per 100 m väg, enligt 2009 års priser

Omledning, europaväg	33 - 235
Återställande, europaväg	11 - 12
Kommunal väg (+ väg 625/2025)	2,8 - 5,6
Totalt	**2,8 - 253**

3.7. Känslighetsanalys - sjöfart

Vid denna känslighetsanalys undersöktes hur värdena för muddringsvolym, antal dygn sjöfarten hindras, dygnskostnader för fartyg och kostnader för förebyggande arbete mot ytterligare skred. Det spann som fås när lägsta respektive högsta värden ansätts för samtliga dessa parametrar är ett kostnadsintervall av 216 Mkr-450 Mkr för ett skred på 16 hektar. Från den partiella känslighetsanalysen framkommer att det som påverkar storleken på skadekostnader i störst utsträckning är kostnader för förstärkning och återställande, förebyggande åtgärder och den mängd skredmassor som måste muddras.

I analysen ingick inte betydelsen av själva kostnaden för muddring, inverkan på konsekvensvärderingen om ett fartyg skulle drabbas direkt av ett skred eller hur ett skred eventuellt skulle kunna leda till minskat förtroende för sjöfarten.

3.8. Miljöfarlig verksamhet och förorenade områden

Känslighetsanalysen för förorenade områden visar på hur skadekostnaderna påverkas av den mängd massor som måste saneras. Volymen i sig beror av föroreningsdjupet, men också hurt stort det drabbade området är. I det GIS underlag som tillhandahållits redovisas förorenade områden enbart i punktform och tolkas som förekommande över ett område motsvarande en hektar. Områdena kan vara såväl mindre men också mycket större. Dels innebär det att områden som borde ingå inte kommer med i värderingen och dels att totalkostnaden för ett skred kan underskattas. Enskilda merkostnader för olika moment som kan uppkomma till följd av att ett skred sker på ett förorenat område har inte analyserats.

Att ta fram kostnader för sanering av förorenad mark har visat sig vara svårt. Kostnaderna kan variera mycket beroende av typ av förorening och av omständigheterna kring saneringsprocessen och av den faktiska volym som kommer behöva saneras. Det man med säkerhet kan säga om konsekvensvärdering för såväl miljöfarlig verksamhet som förorenade områden är att det behövs bättre och mer lättillgängliga underlag för att kunna göra vederhäftiga bedömningar av de konsekvenser och kostnader som kan uppkomma på kort respektive lång sikt.

För att belysa konsekvenser av skred hos miljöfarliga verksamheter kontaktades en verksamhet som är klassad både som A-anläggning och Seveso-anläggning av lägre grad (Grahn, 2011c). Den tillfrågade verksamheten ombads beskriva vad som eventuellt skulle kunna inträffa på anläggningen till följd av ett skred. Bränder och explosioner kan uppstå på arbetsstället men det anses i de flesta fall inte vara någon stor risk för människor. Räddningstjänsten sköter allt brandskydd (anläggningen har ingen egen brandpersonal). Räddningstjänst är på arbetsstället dagligen. De sköter provning av sprinkler, brandlarm etc. Kemikaliebrand skulle kunna påverka tredje part om vindriktningen är missgynnande. Detta kan lede till att boende får hålla fönstren stängde och möjligen kan E45 behöva stängas av för en kortare period. Ett värsta tänkbara scenario är att ett skred orsakar explosion av gasoltankar eller väteperoxidbehållare. Detta kan påverka tredje part även med dödlig utgång beroende av vart tredje part befinner sig (Molin 2011).

3.9. Näringsliv

Känslighetsanalysen undersöker hur längden av ett produktionsavbrott påverkar skadekostnaderna. Det vill säga hur längden av ett produktionsstopp påverkar skadekostnader beräknat som förlorat bidrag till BNP från inkomstsidan (Grahn, 2011c).

Hur långt ett stopp blir till följd av att en verksamhet drabbas av skred beror av hur beroende verksamheten i fråga är av den plats där den utövar sin verksamhet. Exempelvis så kan viss konsultverksamhet fortsätta sin verksamhet i andra lokaler medan en större industriverksamheter kan komma att lida av flera månaders produktionsstopp.

Vid arbetet inom sektorsområdet Näringsliv blev några utvalda verksamheter tillfrågade om hur de uppskattar sin verksamhets produktionsförluster vid ett produktionstopp under en månad (Grahn, 2011c). I tabell 10 finns några av svaren sammanställda.

Tabell 10 Verksamheters egen uppskattning av produktionsförluster vid en månads produktionsstopp (Mkr, 2009 års prisnivå, från Grahn, 2011c)

14 anställda	350 anställda	450 anställda	450 anställda	3700 anställda
4	7,9	35	20-80	750-1200

Från den känslighetsanalys som gjorts för sektorn Näringsliv fås ett mycket stort spann som både beror av tiden som krävs för återställande, antal anställda samt vilken typ av verksamhet som drabbas. Spannet sträcker sig från 200 000 kr till mer än en miljard kr per verksamhet (Grahn, 2011c).

3.10. Sammanställning av resultat från känslighetsanalys

Nedan i Tabell 11 ges en sammanställning av de största respektive lägsta konsekvensvärden som identifierats för respektive sektor inom denna sektorsbaserade analys. I figur 2 och 3 visas utfallet när de lägsta respektive högsta bedömda kostnaderna används under samma förhållanden. I tabellen redovisas inte värden för Vattenkraftverk och Seveso anläggningar med högre kravnivå. De konsekvenser som kan uppkomma om dessa anläggningar skulle påverkas av ett skred är så allvarliga att de ansätts tillhöra den mest allvarliga konsekvensklassen. Från tidigare skredhändelser, t.ex. *Intagan* år 1648, framgår att de konsekvenser som kan uppkomma till följd av den översvämning som uppstår till följd av skredet är mycket allvarliga. För de områden längs älven där liknande översvämning kan förväntas förslås därför att dessa ansätts tillhöra den mest allvarliga konsekvensklassen.

Tabell 11 Sammanställning min, max samt ansatta kostnader som använts i föreliggande studie för fallstudiebaserade bedömningar av största (max.) respektive lägsta (min.) kostnader.

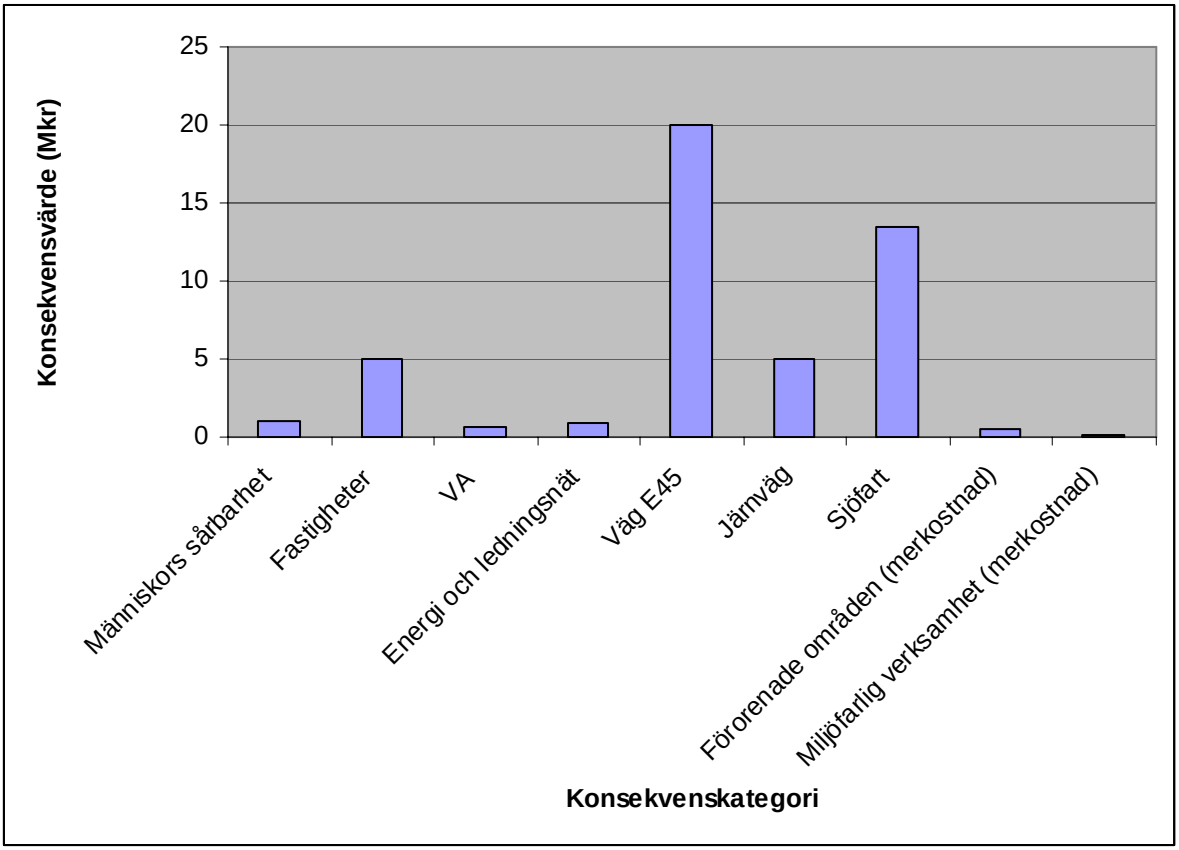
Konsekvens	**Ansatt kostnad denna studie (Mkr/ha)**	**Min. denna studie (Mkr/ha)**	**Max. denna studie (Mkr/ha)**
Värde för människors sårbarhet (Fallstudie Nol, VSL enl. SIKA, 2009)	50	1	156 (inkl. skadade)
Fastigheter (Fallstudie Nol, marknadsvärde)	5	5	7 (inkl. inventarier)
VA*	0,7 – 156	0 – 150	0,7 - 501
Energi och ledningsnät*,#	0,9 – 54	0	54
Väg E45** (100 m)	49 – 252	13	347
Järnväg (100 m)	26 – 43	5	83
Sjöfart (för fallstudieområdet)	17	13,5	51
Förorenade områden – merkostnad	0,5 – 22	0,5	22
Miljöfarlig verksamhet – merkostnad	0,15 – 0,65	0,15	0,65
Seveso, Högre kravnivå	Konsekvensklass fem	-	Konsekvensklass fem
Näringsliv	Antal anställda x genomsnittslön i Sverige	0,2	1200

*Beror av vilka anläggningar som finns/ansätts finns inom området
Kraftverk ej bedömt, ansätts tillhöra konsekvensklass fem
** Simuleringar med EVA modellen. Värdet beror av trafikintensitet och omledningsmöjligheter

I den fallstudiebaserade känslighetsanalys som genomförts har respektive fallstudieområde valts för att det innefattar de anläggningar som skall värderas. De värden som anges i Figur 2 representerar således fall där en låg sannolikhet för att objektet skall drabbas och/eller dess värde är ansatt ha ett lågt värde men minste ett objekt som tillhör respektive sektor finns närvarande.

Det är endast inom sektorn sjöfart ett skred alltid förorsakar en extra kostnad.. I de värderingar som ingår för sjöfart ingår även de åtgärder som vidtas efter ett skred såsom muddring, säkerställande och förebyggande åtgärder för att undvika ytterligare skred inom samma område. Den kostnad för sjöfart som anges i Figur 2 är för ett fall där genomsnittskostnaden per hektar är fördelad lika över hela området för ett större skred.

För det resultat som presenteras i Figur 2 är kostnaden för att väg 45 drabbas den största. Kostnaden (20 Mkr) beror både av kostnader förknippade med återställande (12 Mkr) och för omledningskostnader (8 Mkr). Omledningskostnaden är beräknad för ett 30 dagars avbrott på en av de mindre känsliga delarna av E45.

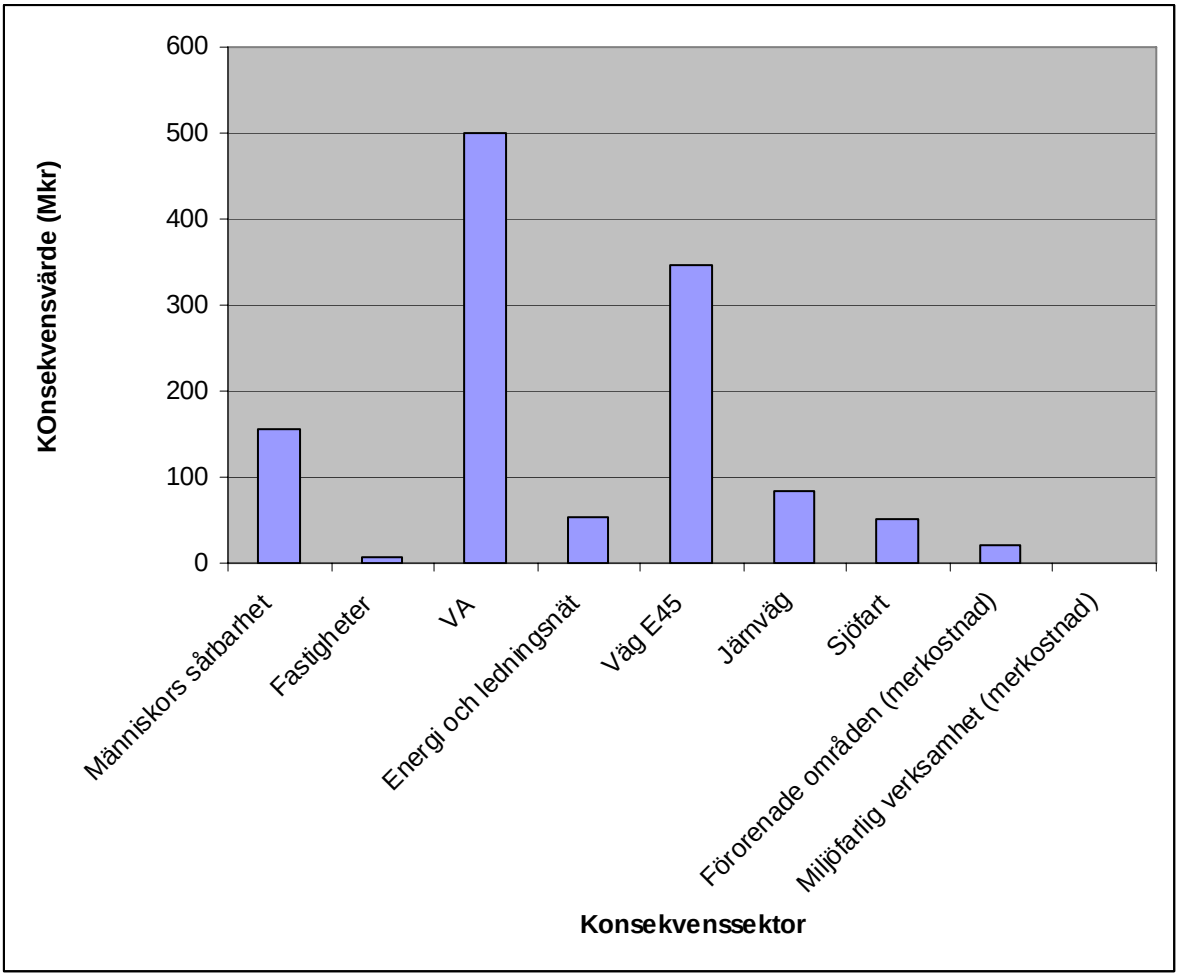


Figur 2 *Lägsta bedömda kostnader enligt den fallstudiebaserade känslighetsanalys som utförts inom föreliggande studie. Analysen avser kostnad per ha skredområde.*

De kostnader som använts för att bedöma inverkan på människor innefattar bästa möjliga förhållanden som kan motsvaras av dagtid, på en dag där de flesta inte arbetar och där de flesta inte heller befinner sig hemma utan på annan plats och de som trots allt befinner sig inom skredområdet drabbas i mycket ringa grad (låg betingad sårbarhet).

De värden som anges i Figur 3 representerar fall där en hög sannolikhet för att objektet skall drabbas, dess monetära värde är ansatt till ett högt värde och minst ett av de mest kostsamma objekten som tillhör respektive sektor finns närvarande. Den relativa betydelsen för sektorn sjöfart har här minskat trots att det monetära värdet är betydligt större än vad som ansattes för de resultat som presentar i Figur 2. Det genomsnittliga värdet per hektar för sjöfartssektorn är 13,5 Mkr och 51 Mkr i Figur 2 respektive Figur 3. Såväl de absoluta som de relativa kostnaderna för människors sårbarhet samt återställande och omledning till följd av brott på väg har ökat jämfört med kostnaden för sjövart.

Kostnaden för människors sårbarhet är i detta fall, Figur 3, högre än vad som redovisas i Figur 2 till följd av att fler personer ansätts befinna sig hemma, sannolikheten för att man skall omkomma om man drabbas av skred är högre och det innehåller också ett ansatt antagande om att flera personer skadas.



Figur 3 *Högsta bedömda kostnader enligt den fallstudiebaserade känslighetsanalys som utförts inom föreliggande studie. Analysen avser kostnad per ha skredområde.*

Kostnaden för väg som redovisas i Figur 3 är högre för att en mer känslig vägsträcka med färre omledningsmöjligheter och mer trafik ansätts drabbas samt för att tiden för återställande är längre än vad som ansatts i Figur 2.

Kostnaden för VA sektorn har ökat markant till följd av att en större anläggning har ansatts ligga inom det drabbade området.

Som framgår av ovan beror den sammanlagda kostnaden av flera aspekter där kostnaden framförallt beror av vilka objekt som finns inom det drabbade området samt vilka ansatser avseende närvaro, sannolikhet för att drabbas samt tiden som krävs för återställande.

Inverkan på näringsliv redovisas inte i figurerna, men den kan också bli betydande och beror av samma faktorer (närvaro samt tid som krävs innan verksamheten kan återgå).

För att beskriva de värden som kan uppstå till följd av skred inom utredningsområdet redovisas den totala kostnaden i form av konsekvensklasser per ytenhet. Nedan beskrivs hur dessa konsekvensklasser tagits fram och därefter följer resultatet när de appliceras för hela utredningsområdet.

4. KONSEKVENSKLASSER

4.1. Acceptabel risk

Hur en risk upplevs styrs av flera faktorer, t ex om den är frivillig, om den är akut eller kommer långt in i framtiden, om den är ständigt förekommande, om den är förknippad med livsfarlig sjukdom, om den är förknippad med stor nytta eller om den är känd eller inte (t ex Hellman, 2005; Löfstedt, 2005, Andersson-Sköld, 2006 och referenser däri). Risker som kan betraktas som frivilliga och kända accepteras lättare än de som kan betraktas som ofrivilliga och okända. Exponeringar som är nödvändiga och yrkesrelaterade accepteras i allmänhet lättare än de som är att betrakta som onödiga. Ytterligare en viktig faktor för hur risken uppfattas är rättviseaspekten. Om risken upplevs som rättvis är den lättare att acceptera än risker som uppfattas som orättvisa (t ex Löfstedt, 2005). Det man funnit generellt gällande är att riskuppfattningen varierar, eller helt kan ändras med tiden (t ex sammanfattat av Schewald-van der Kley, 2004, Löfstedt, 2005).

Vid en riskvärdering handlar det om att bedöma om en uppskattad risk är acceptabel eller inte och varför samt för vem. Inom det tekniska/naturvetenskapliga perspektivet på riskvärdering definieras en risk kvantitativt där risken uttrycks som en sammanvägd värdering av sannolikhet och konsekvens. Utifrån ett numerärt värde som representerar risken görs sedan prioriteringar över vilka risker som kan accepteras och vilka som bör åtgärdas. Detta är en form av gränsvärdesbaserad riskvärdering som innebär att man försöker sätta ett slags mått, ett tröskelvärde eller riktvärde, för vad som utgör en acceptabel (eller tolerabel) risk[5]. För att kvantifiera risken krävs grova förenklingar och antaganden som leder till att viktiga aspekter kan förbises[6]. Samtidigt finns det ett stort behov, och mycket som talar för, att använda en kvantitativ riskbeskrivning som beslutsunderlag för att avgöra om en risk är acceptabel eller ej, trots att det föreligger stora osäkerheter[7].

Det finns emellertid inga generellt vedertagna riskkriterier i Sverige utan olika branscher och verksamheter har egna kriterier[8]. Till exempel har intresseföreningen för processäkerhet två allmänna kriterier avseende tolerabel risk: Människor, som inte själva valt det, ska inte behöva utsättas för en risk avsevärt större än den allmänna olycksrisken i samhället och arbetstagare ska inte behöva utsättas för en risk avsevärt större än den normala risken i arbetslivet (IPS, 2011)[9]. Svenska kraftnät har ansatt riktlinjer för flödesdimensionering[10]. Ett kvantitativt exempel på riktvärdessättning är det riktvärde som används för förorenade områden i Sverige. Detta har valts så att de motsvarar en riskacceptans av ett förtida dödsfall på 100 000 invånare (NV, 1996)[11]

4.1.1. Riskklassning

Utifrån olika principer kan kvantifierade risker vidare delas in i olika klasser eller zoner. Enligt exempelvis ALARP-principen, som står för ”**a**s **l**ow **a**s **r**easonably **p**racticable”,

[5] MSB (https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/24714.pdf)
[6] MSB (https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/24714.pdf)
[7] Davidsson et al., 1997, kap 7 s 2 i MSB (https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/24714.pdf)
[8] (http://webstaff.itn.liu.se/~toban/tnsl13-fo8.pdf) (hämtad från nätet 2011-09-28)
[9] IPS, 2011 är en ppt från IPS (Yvonne har laddat ner)+ (http://www.ips.se/, 2011-09-22
[10] Svenska kraftnät (finns nedladdad den 22 september 2011)
[11] Eller ange uppdaterad version, har inte ref. här just nu (men avser generella riktvärdesrapporten och ev. uppdatering av denna

delas risken in i tre klasser: 1) risker som anses vara så obetydliga att de i allmänhet kan accepteras, 2) risker som kan tolereras givet att en riskreducerande åtgärd antingen är praktiskt ogenomförbar eller om dess kostnad blir oproportionerligt större än dess nytta 3) risker som anses vara så stora att de är oacceptabla[12].

Även för naturolyckor och dammbrott används riskklassindelningar som underlag för att bedöma risken och behov av åtgärder för att minska den. Ett klassificeringssystem för dammbrott som används utgörs av fyra konsekvensklasser; 1A, 1B, 2 och 3, där 1A motsvarar de allvarligaste konsekvenserna. Om ett potentiellt dammbrott skulle medföra ”en icke försumbar sannolikhet för förlust av människoliv eller allvarlig personskada” klassificeras dammen i konsekvensklass 1A eller 1B. I konsekvensklass 2 finns dammar där sannolikheten ”är icke försumbar för beaktansvärd skada på samhällsanläggningar, miljövärde eller ekonomisk skadegörelse vid ett dammbrott”[13].

Också för Sevesoklassade verksamheter finns riktlinjer för klassindelning av risken i enlighet med ALARP principen[14]. Klasserna indelas här i: 1) ej tolerabelt; 2) risken behöver ytterligare bedömas och värderas samt åtgärder bör övervägas, 3) risken är helt acceptabel. De olika klasserna beror av antalet omkomna vid den oönskade händelsen samt den förväntade återkomsttiden för denna händelse. Vid återkomsttider motsvarande 1 gång per 10^9 år är risken nödvändig att bedömas ytterligare för händelser med riskprodukten av återkomsttid och antal omkomna inom intervallet mindre än $\cdot 10^{-6}$ upp till $1 \cdot 10^{-5}$ omkomna per år[11]. Det vill säga för händelser som orsakar fler än 500 till 10 000 omkomna per händelse. För mer frekventa händelser, som till exempel 1 gång per 10^6 år är motsvarande produktintervall mindre än 10^{-5} upp till $1 \cdot 10^{-4}$ omkomna per år[11].

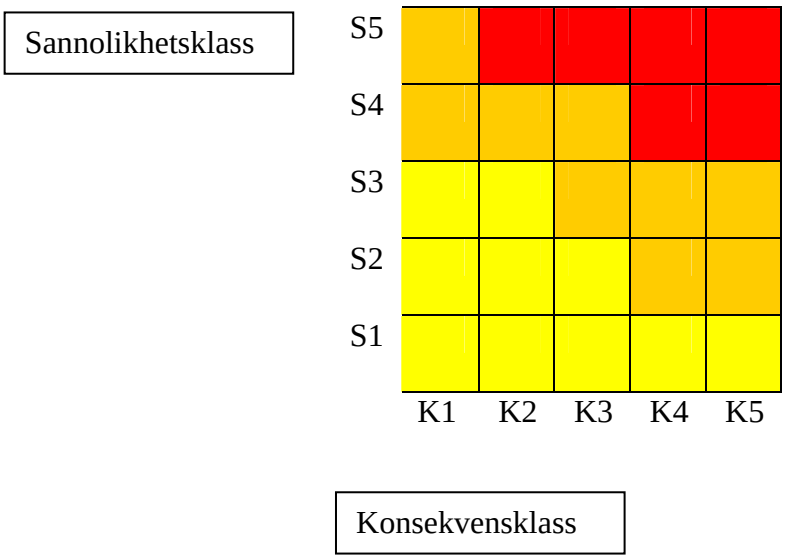
Riskklasserna kan här uttryckas och beskrivas med hjälp av en så kallad FN kurva [15]. FN-kurvan utgörs av en kontinuerlig kurva i ett diagram, där på ena axeln sannolikheten for en olyckshändelse anges. Om den baseras på tillräckligt statistiskt underlag kan denna likställas med frekvensen av inträffade sådana händelser. På den andra axeln i diagrammet anges den ackumulerade konsekvensen i lampligt mått, t.ex. antalet omkomna. För att diagrammet skall bli överskådligt har axlarna i regel logaritmisk skala.

En enklare form av sådant diagram är en så kallad riskmatris. En sådan har i princip samma utseende, men sannolikhet respektive konsekvens anges istället i intervall än som kontinuerliga samband. För uppskattningar föreslås en riskmatris vara en bättre presentationsform eftersom den inbyggda osäkerheten tydligare framgår om den representeras av intervallen i matrisen[13].

Inom ramen för Göta älv utredningen har en riskmatris för skred tagits fram. I denna matris anges fem interfall för sannolikheten för skred i så kallade sannolikhetsklasser, S1-S5, och fem intervall som skall beskriva konsekvenser för skred, K1 – K5. Den lägsta av dessa klasser står för att sannolikhet (S1) respektive konsekvensen (K1) är låg. De högsta klasserna står för att sannolikheten (S5) respektive konsekvensen (K5) är mycket

[12] MSB https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/24714.pdf med referens till Aven, 2007, 2008; Davidsson et al., 1997; Torstensson & Wallin, 2001).
[13] MSB/SOU (http://www.sou.gov.se/kommittedirektiv/2011/dir2011_57.pdf)
[14] http://www.seveso.se/Global/Seveso/konferenser/dokumentation/seveso_2011/Riskkriterier%20Seveso konferensen%202011Blenda%20IPS.pdf
[15] (https://www.msb.se/Upload/Produkter_tjanster/Publikationer/SRV/P21-381_Riskvardering.pdf)

höga. Risken kommer att anges i tre klasser. De tre riskklasserna indelas i: hög risk (röd); medel risk (orange); låg risk (gul). Riskmatrisen beskrivs i Figur 4 nedan.



Figur 4 Riskmatris med riskklasser (gul, orange, röd), sannolikhetsklasser (S1-S5) och konsekvensklasser (K1 – K5).

Riskklassen som anges i färg kommer därefter att användas för att i kartform beskriva risken inom utredningsområdet.

4.1.2. Intervall för konsekvensklasser

En konsekvens kan till exempel beskrivas som antalet omkomna eller i andra värden som visar på konsekvensens betydelse. Genom att ange konsekvensen i monetära termer kan fler aspekter vägas in trots att de är mycket olika varandra. Detta baseras på att de flesta aspekter och konsekvenser har den gemensamma värdemätaren pengar och att dess betydelse därmed kan värderas med hjälp av ett monetärt värde. I föreliggande uppdrag har vi därför utvecklat en metod med vars hjälp vi försöker ange konsekvensen i monetära värden för ett flertal av de konsekvenser och aspekter vi kunnat identifiera som påverkas av skred.

I den riskmatris som tagits fram inom föreliggande uppdrag ingår fem konsekvensklasser (K1-K5). Konsekvensklasserna utgörs av fem ekonomiska intervall. Då det inte finns några generella riktlinjer har vi valt att utgå från den metod som tidigare använts för att beskriva konsekvensen av skred (Berggren, 1991, Alén m.fl. 2000, Hultén, m.fl. 2006). Konsekvensklasserna baseras i metoden som tidigare använts på kvalitativa beskrivningar, och semikvantitativa bedömningar, som sammanställts i nedan Tabell 12.

I samma tabell, Tabell 12, görs även en tolkning av de beskrivna konsekvenserna i monetära termer enligt den metodik för värdering som tagits fram inom föreliggande uppdrag och som sammanställts ovan i avsnitt 2 och som beskrivs i mer detalj i (Andersson-Sköld, 2011) och de underlagsrapporter som den baseras på. I tabellen redovisas den

kostnad som bedöms uppkomma till följd av ett skred inom ett enhetsområde motsvarande 100 m x 100 m. För vägar, järnvägar och andra större linjeformade objekt anges kostnaden per 100 m. Konsekvensen kan därmed bedöma för skred som är 100 m x 100 m eller större. Detta baseras dels på tillgången av statistiska underlag för konsekvensbedömningen (Andersson-Sköld, 2011, Falemo, 2011a,b) samt för att metoden som tagits fram är relevant för att beskriva skred som enligt historiska händelser medfört betydande konsekvenser (Andersson-Sköld, 2011).

För skred som är större än en enhet (dvs ett område på 100 m x 100 m) adderas kostnaden för de enhetsområden som påverkas av skredet. Till exempel, vid ett större skred som drabbar en vägsträcka på 300 - 400 m av väg E45 kan man ansätta att tiden för återställande, och därmed även tiden som trafiken behöver ledas om, är drygt 100 dagar. Denna ansats baseras på tidigare skredhändelser samt diskussioner med Trafikverket. Motsvarande tid för återställande av en kortare vägsträcka ansätts, också enligt diskussioner med Trafikverket, till att kunna beskrivas linjärt så att tiden för återställande av100 m vägsträcka ansätts till 33 dagar. Detta innebär att vid ett större potentiellt skred adderas kostnaderna, så att totalkostnaden för skredet utgörs av all konsekvenser som kan beskrivas inom samtliga enheter som drabbas.

Vid redovisning av konsekvensen i kartform redovisas det totala värdet inom respektive enhet motsvarande 100 m x 100 m, d.v.s. konsekvensen redovisas i form av värdeklass per hektar.

Vid ett skred ansätts en baskostnad av 51 Mkr per 100 m som drabbas i älvens riktning. Denna kostnad beskriver de åtgärder, arbete och materialkostnader som krävs för att säkerställa området och för att förebygga ytterligare skred. Kostnaden är ansatt baserad på de kostnader som dokumenterats för Agnesbergsskredet 1993 (se avsnitten 1.2 och 2.4 i föreliggande rapport). Denna baskostnad ligger utanför de kostnadsintervall som anges för respektive konsekvensklass i Tabell 12 nedan.

Tabell 12 Beskrivning av konsekvensklass enligt urval exempel från Alén m.fl. (2000) samt tolkning till monetär värdering per enhet motsvarande 100 x 100 m^2 (vägar, järnvägar och andra större linjeformade objekt anges per 100 m) av dessa. För att värdera kostnaden för större skred adderas kostnaden för de enheter som drabbas samt en ytterligare baskostnad till följd av skredet i sig.*

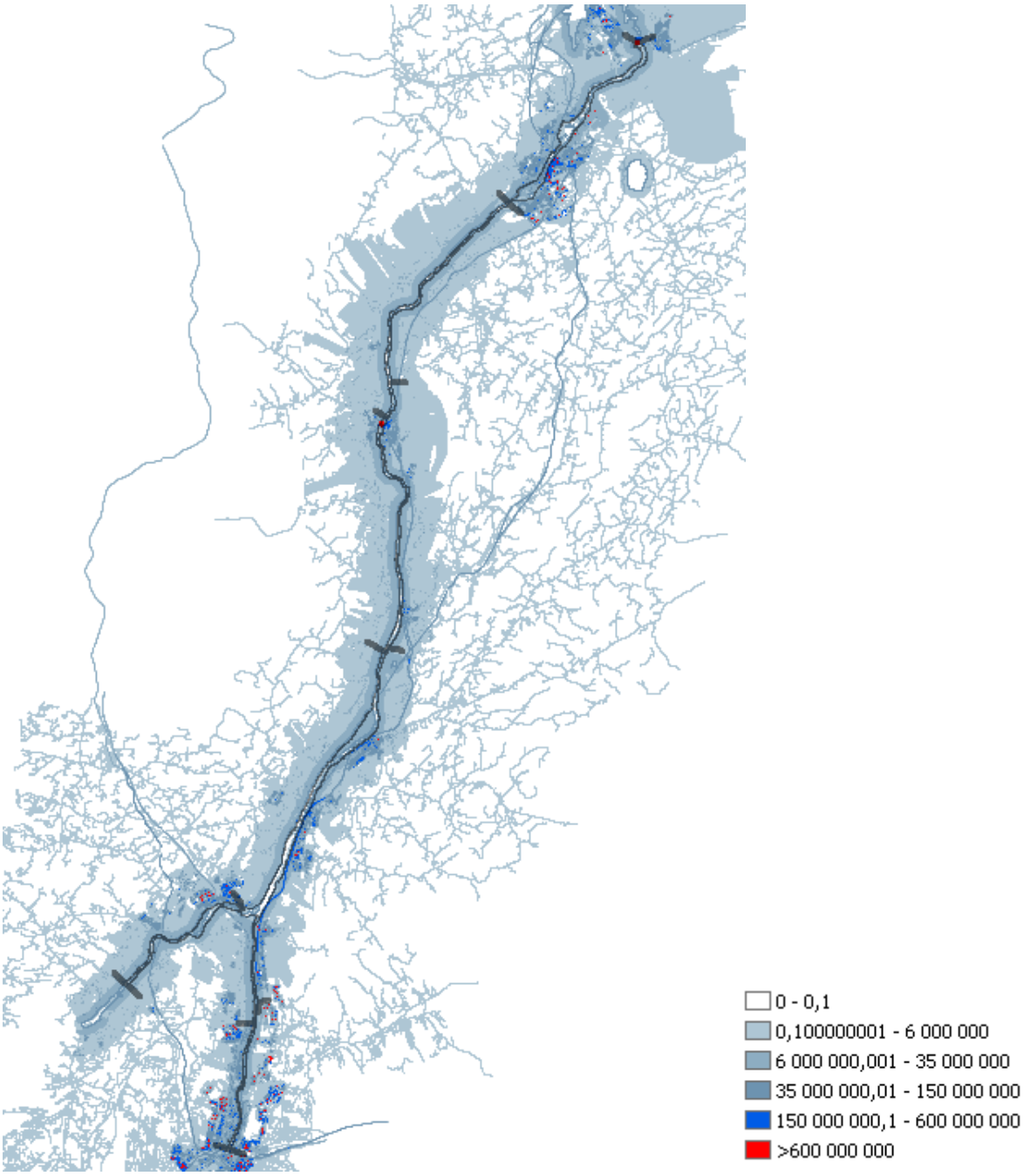
Konsekvensklass	Beskrivning enligt Alén mfl. 2000	Tolkning till monetärt värde (MSEK / ha).
K1 Lindriga skador	Exempel på skador: - Obebyggt område: 100 m från strandlinjen. Ett stycke mark försvinner (ej förorenad jord). - Mindre lokalvägar. Avbrott i trafiken på lokalväg en kortare tid tills provisoriska förbifarter ordnats. - Ej förorenad jord. *Jämförbart exempel:* Skredet i Agnesberg (1993) och i Ballabo (1996).	Återställning av lokala vägar: 1 Mkr per 100 m väg Muddring samt deponering av skredade ej förorenade massor utöver baskostnader: 5 Mkr Intervall: < 6Mkr
K2	Exempel på skador: - Utrasad mark delvis förorenad. - Kraftproduktionen får minskas tillfälligt i avvaktan på möjligheter att dirigera om vattnet lämplig väg, annars finns risk för översvämning. Skador på land: - Obebyggt område: 100-250 m från strandlinjen.Ett stycke mark försvinner (måttligt förorenad jord). - Bostadshus: 1-2 st. Raserad bebyggelse. Ev ett par omkomna och några skadade personer. - Industrier: 1-2 st.Raserad bebyggelse. Ev ett par omkomna och några skadade personer. - Betydande lokaltrafik efter riksväg 45. Avbrott i vägtrafiken under ett par månader, tills provisoriska förbifarter ordnats. - Större upplag, måttligt förorenad jord. *Jämförbart exempel*: Jämförbara exempel finns inte.	Återställning lokal VA(0,33), mindre VA verk), muddring, deponering samt merkostnader för skred i måttligt förorenat område = 0,33 + 10 +5+2,3 = 18 Mkr Produktionsbortfall för två industrier (medianstora), muddring, deponering och merkostnader för måttligt förorenade massor och miljöfarligverksamhet (B)= 2*3,1 + 5 + 2,3 + 0,8 = 15 Mkr (samt kostnader för ev. byggnader) Återställnings kostnader energisektorn (1 mindre transformatorstation samt ledningar), muddring och deponi av massor utöver baskostnader = 15 + 1+ 5 = 21 Mkr Enbart avstängning av väg E45 = 36 Mkr Muddring, deponering icke förorenade massor utöver baskostnader, återställande lokal väg, två bostadshus = 5+ 1+ 5 +12 (möjligt VSL två hus) = 25 Mkr Intervall: 6 Mkr upp till 35 MKr
K3	Exempel på skador: - Allvarliga störningar i den kommunala vattenförsörjningen och förorenad mark har rasat ut i älven. - Kraftproduktionen måste strypas för att undvika översvämning tills ny älvfåra öppnats. - 3-10 bostadshus. med raserad bebyggelse och eventuellt flera omkomna och skadade	Avloppsreningsverk och vattenverk 1000<pe<8000 (Ett medelstor Va verk samt ca 1 Mkr för VA ledningar, muddring, deponi och merkostnader för förorenad mark = 51 + 5 + 22 = 78 Mkr 10 hus (10 * 2,5) + 10*2,5*0,11*23 (liv) = 89 Mkr

	personer. - Raserad industribebyggelse och mindre än 5 bostadshus. Eventuellt flera omkomna och skadade personer. - Raserad industribebyggelse och riksväg 45. Ev flera omkomna och skadade personer. - Riksväg 45 dras med i skredet och förbindelserna bryts under ca sex månader i avvaktan på provisoriska passager genom skredområdet. - Större upplag, förorenad jord. *Jämförbart exempel*: Liknar skredet i Göta med avseende på person- och byggnadsskador, men inte när det gäller volymen utglidna massor. Är också jämförbart med skredet i Vagnhärad, Trosa kommun, både avseende byggnadsskador och volymen av massorna.	Ansätter en industri värd ca 5 bostadshus inom det område som skredat + 5 hus + omkomna (arbete + hemma) + påverkan arbete 1 månad medelmedelstort företag drabbas (420 anställda) 12 Mkr= 25+69 + 12 = 106 Mkr Industri och E45 = 5*2,5+420*0,016*0,24*23 +12+ 64 (E45 medel kostnad 1 månad)= 12,5+46+12+64= 126 Mkr 22 Mkr (merkostnader för förorenad mark klass 1) + 2 mindre industrier eller medelstort företag drabbas (420 anställda) 12 Mkr + 6 Mkr (muddring, deponering + lokala vägar) + 115 Mkr (5 omkomna inom området)= 155 Mkr Intervall: 35 Mkr upp till 150 Mkr
K4	Exempel på skador: - Industrier med risk för allvarlig miljöpåverkan. Raserad bebyggelse. Ev många omkomna och skadade personer. Stor materiell förödelse. - Industribebyggelse, mer än fem bostadshus samt riksväg 45 dras med i skredet, vilket leder till långvariga avbrott i trafiken. Ev många omkomna och skadade personer. Jämförbara exempel: Tuveskredet när det gäller antalet omkomna, skadade och materiell förstörelse. Surte- och Götaskreden med avseende på mängden jordmassor och älvfårans igentäppning.	Långvarigt avbrott på viktig trafikpunkt samt industribebyggelse drabbas. (146 Mkr + 310 (dubbelt så stor industri som ovan) + 5 bostadshus = 460 Mkr Allvarlig miljöpåverkan och klass 1 förorenat område stora byggnader 10 tal omkomna: 28 Mkr + 25 Mkr (byggnader inom omprådet) + 230 Mkr (omkomna) + avbrott stor industri 1 månad (35Mkr) +transformator station 50 Mkr ~ 370 Mkr Förslag: 150 upp till 650 Mkr
K5 Mycket stora och allvarliga skador	Seveso anläggningar av högre kravnivå, vattenkraftverk, fler omkomna än ovan,	> 650 Mkr

*Vid ett skred ansätts en baskostnad av 51 Mkr per 100 m som drabbas i älvens riktning. Denna kostnad beskriver de åtgärder, arbete och materialkostnader som krävs för att säkerställa området och för att förebygga ytterligare skred. Kostnaden är ansatt baserad på de kostnader som dokumenterats för Agnesbergsskredet 1993 (se avsnitt 1.2 och 2.4). Denna baskostnad ligger utanför de kostnadsintervall som anges för respektive konsekvensklass i Tabellen).

5. APPLICERING AV METOD FÖR HELA UTREDNINGSOMRÅDET

Vid redovisning av konsekvensen i kartform redovisas det totala värdet inom respektive enhet motsvarande 100 m x 100 m, d.v.s. konsekvensen redovisas i form av värdeklass per hektar. I Figur 5 redovisas resultatet när värdeklasser används för att presentera konsekvenserna för hela utredningsområdet. Konsekvenserna beskrivs genom de ansatser, antaganden och ansatta värden som redovisas i avsnitt 2 i föreliggande rapport.



Figur 5 *Karta med resultatet av konsekvensanalysen redovisad som värdeklass i GIS. Resultatet redovisas utan hänsyn tagen till den baskostnad som ett skred medför inklusive akuta insatser, återställande av farled (muddring) och förstärkningsåtgärder. Bakgrundskarta © Lantmäteriet*

Vid redovisning av risken, d.v.s. den sammanvägda bedömningen av sannolikhet och konsekvens, redovisas konsekvensklassen. Konsekvensklassens värde beskriver den sammanlagda konsekvensen in från älven. Detta innebär att konsekvensvärdet närmast älven är detsamma som konsekvensens värdeklass, medan i den rutenhet som redovisar konsekvensen 100 – 200 m eller längre in från älven, beskriver konsekvensklassens värde det totala värdet av de konsekvenser som bedöms uppstå då ett skred sker från älvkanten till det aktuella området. Det vill säga för alla områden som ligger mer än 100 meter från älvkanten anger konsekvensklassen för detta område den sammanlagda konsekvensen för hela sträckan från älvkanten till och med det aktuella området. Vid redovisning av risken sammanvägds konsekvensklassen med sannolikhetsklassen för att beskriva riskklasser i kartform i GIS enligt Figur 4 ovan.

5.1. Kostnader för skred inom utredningsområdet

Enligt tidigare sammanställning av dokumenterade skred framgår att under perioden 1950 – 1996 var det fem större skred i Göta älvdalen (Hågeryd m.fl., 2007). Under denna period var det således i genomsnitt ett större skred var tionde år i området. Konsekvensen beror av ett flertal faktorer inklusive vad som finns inom det område som drabbas. Av den fallstudiebaserade analys som gjorts i föreliggande rapport kan kostnaden för ett större skred variera mellan 70 Mkr till 600 Mkr per hektar (baserat på ansatta värden och de förutsättningar som beskrivs i avsnitt 3). För riktigt stora skred, såsom det 16 hektar stora exempelskredet, kan kostnaden uppgå till drygt 10 miljarder kronor under samma förutsättningar. Som ett exempel, om ett större skred i medeltal ansätts motsvara en kostnad av 600 Mkr ger detta en sammanlagd kostnad av 3 miljarder kronor under r en period av femtio år (d.v.s. fem skred vardera 600 Mkr). För närvarande finns inte underlag för att bedöma den genomsnittliga kostnaden för ett skred inom utredningsområdet eftersom den förväntade kostnaden kräver att hänsyn tas till var skred mest sannolikt förväntas ske, d.v.s. att hänsyn måste tas till hela riskbilden.

6. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

I Sverige har endast ett fåtal ex-ante studier med ekonomiska värderingar av naturolyckor kopplade till klimatförändringen genomförts. Den tidigare mest övergripande av dessa var *Klimat- och sårbarhetsutredningen* (SOU 2007:60). Vi har inom detta uppdrag tagit fram en metodik som bygger vidare på den metodik som användes där för att bedöma de samhällsekonomiska konsekvenserna av skred.

Den utvecklade metodiken innefattar att identifiera vad, eller vilka objekt, som kan drabbas inom ett visst avgränsat område, i vilken omfattning som en skredhändelse kan påverka detta objekt samt bedöma denna konsekvens genom en samhällsekonomisk konsekvensanalys. Målet var att göra en monetär bedömning inom sektorsområdena bebyggelse, personskador och liv, samhällsviktiga verksamheter såsom va, energi, transporter och annan kommunikation såsom tele, inverkan på natur- och kulturmiljö samt näringsliv.

För flera av dessa sektorsområden finns tidigare underlag, studier, analyser och utredningar som har använts som utgångspunkt. Samtliga sektorsvisa bedömningar och metoder bygger på olika ansatser och antaganden. Trots att många aspekter och objekt är relativt väl inventerade råder det stora osäkerheter om hur stora konsekvenser ett skred kan komma att ha på de objekt som inventerats och vad det kan komma kosta att återställa eller ersätta objekten. Sannolikt kommer inte allt som befinner sig i området just nu att ersättas om ett skred inträffar. Vilket innebär en överskattning av de reella kostnader som kan förväntas uppstå.

Inom uppdraget har de kostnadsuppgifter som finns att tillgå i dagsläget använts för att göra bästa möjliga uppskattningar av skadekostnader. I många fall har skadekostnader skattats med kostnader för att bygga nytt. Detta kan leda till en övervärdering av konsekvenser då värdet av vissa objekt får ett högre värde efter skredet (vid återuppbyggnad) än vad det hade innan. Detta beror av att nybyggnationskostnader inte fångar upp existerande objekts värdeminskning till följd av förslitning. De återuppbyggda objekten kommer sannolikt också att ha en längre livslängd efter skredet än vad de hade innan och resurser för att underhålla objekten sparas. Denne värdeökning/sparade ska egentligen dras av från nybyggnationsvärdet för att ge den korrekta skattningen av skadekostnader. Hur stora framtida besparningar/värdeökningar kan komma att bli är svårt att uppskatta och skiljer sig mellan olika objekt.

Å andra sidan innefattas inte alla aspekter som kan uppkomma eftersom vi inte har tillräckligt underlag och kunskap för att kunna beskriva konsekvensen och dess värde. För flera sektorsområden saknas relevanta studier och/eller underlag. Detta gäller inte minst mjuka värden som natur- och kulturvärden. Det finns metoder för värdering av vissa natur- och kulturvärden, men det saknas metoder för att värdera ett flertal relevanta aspekter. Till exempel finns det ingen generellt användbar metod vi kunnat applicera för att värdera den långsiktiga inverkan på landskapsbild, ekosystem eller biologisk mångfald och biobank. Ett skäl som ofta anges är att dessa (mjuka) aspekter är ovärderliga och står för värden som inte kan anges i pengar. Inom detta uppdrag har vi för många av dessa aspekter inte haft möjlighet att ta fram monetära värden. Detta gör att de inte innefattas i den kvantitativa analysen. I genomgången av liknande tidigare studier såg vi att så också är fallet i dessa. Det som är ovärderligt blir därmed icke värderat och får automatiskt värdet noll.

För att göra uppdraget rimligt har vi varit tvungna att göra flera avgränsningar. Som nämndes redan i inledningen så ingår till exempel inte en bedömning av de konsekvenser som en flodvåg kan ge upphov till, trots att den kan orsaka stor skada även på stora avstånd från själva skredområdet. Flera konsekvenser, till exempel dämning som leder till en flodvåg eller elavbrott, drabbar inte enbart de verksamheter som ligger inom skredområdet utan även verksamheter utanför området. Störningar i samhällsviktiga strukturer har mycket stor inverkan på andra samhällsviktiga strukturer och näringsliv. Beroendeförhållandena är tydliga, men också mycket komplexa.. En annan viktig avgränsning är att kostnader såsom förändrade arbetsuppgifter, ökat arbetstryck, och ökad administration inom en kommun, eller annan organisation och som uppkommer till följd av ett skred, inte ingår i denna analys. Vidare ingår inte bedömning av människors personliga kostnader och konsekvenser såsom förlust av affektionsvärden, minskad bekvämlighet, ökad oro eller sorg.

Den känslighetsanalys som utförts innefattar kvantitativa bedömningar, ansatser och värderingar som kunnat göras utifrån tillgängligt underlag. Enligt känslighetsanalysen finns det ett spann som identifierats inom respektive konsekvenssektor som beaktats. Det som påverkar det beräknade värdet är närvaron av objekt som kan drabbas, sannolikheten för att personer skall drabbas som i sin tur beror av vilken närvaro som antas samt vilken betingad sårbarhet som ansätts, ansatser för att beskriva ett skreds storlek och vilken mängd jordmassor som påverkas, mängden förorenade massor som påverkas och antaganden om vilka åtgärder som kommer att vidtas. Tidsaspekten är av stor betydelse, dvs tiden som ansätts för att en verksamhet återställs eller nyinstalleras. Detta påverkar framförallt kostnader för produktionsbortfall och kostnader som uppkommer vid omledning av trafik eller stopp inom transportsektorn.

Den föreslagna metodiken har testats genom fallstudier. Metodiken har, trots att det finns stora osäkerheter, funnits fungera väl vilket innebär att metoden kan användas för att göra en övergripande bedömning av relevanta konsekvenser i monetära termer. Den övergripande bedömning för hela utredningsområdet görs i ett GIS-system som baseras på GIS-baserade kartunderlag och statistiska underlag där resultatet presenteras som konsekvensklasser inom utredningsområdet. Metoden som tagits fram tillåter, och bygger på, att såväl funktioner som underlag skall kunna uppdateras och nya underlag och information skall kunna tillföras för att fördjupa eller förbättra den bedömning som kan göras med denna metodik.

Det finns några stora kunskapsluckor som behöver fyllas inom vissa sektorer. En sådan är den rent biogeofysiska inverkan av ett skred på olika naturmiljöer. Den kan vara såväl positiv som negativ, och den variera på kort respektive lång sikt.

En annan kunskapslucka är att kvantitativt kunna beskriva konsekvenser som kan uppstå till följd av skred vid en miljöfarlig verksamhet eller förorenat område. Framför allt saknas kunskap om synergi- och andra samverkanseffekter av föroreningsbelastning på lång sikt där skredet är en av alla källor. Dessa kunskapsluckor innefattar att bättre förstå och kunna kvantifiera de processer som sker och hur de påverkar ekosystemet. När denna kunskap är tillgänglig kan en värdering av konsekvensen göras. För detta kan även värderingsmetoder behöva utvecklas.

Trots att det finns behov av förbättrade underlag, metodutveckling och ökad kunskap inom flera områden har vi sammanställt en metod som fungerar för att belysa konse-

kvenser av skred. Metoden kan användas som underlag till exempel för en kostnadsnyttoanalys av risk kontra förebyggande åtgärder. Metoden kan även appliceras på andra naturolyckor, såsom översvämningar. Den är också ett gott underlag för mer fördjupade och detaljerade platsspecifika eller regionala analyser.

7. REFERENSER

Alén, C., Bengtsson, P.-E., Berggren, B., Johansson, L. & Johansson, Å. (2000). Skredriskanalys i Göta älvdalen - metodbeskrivning. Statens geotekniska institut, SGI. Rapport 58. Linköping.

Andersson-Sköld, Y. (2011). Metodik för inventering och värdering av konsekvenser till följd av skred i Göta älvdalen. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 12. Linköping.

Andersson-Sköld, Y., Norrman, J. & Kockum, K. (2006). Riskvärdering - metodik och erfarenheter. Naturvårdsverket. Rapport 5615.

Berggren, B., Fallsvik, J., Hintze, S. & Stille, H. (1991). Lerslänters stabilitetsförhållanden. Riskvärdering och beslutsteori. Förslag till metod för riskvärdering. Statens geotekniska institut, SGI. Varia 333. Linköping.

Bergman, R. (2011a). Metodik konsekvensbedömning – Sjöfart. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 16. Linköping.

Bergman, R. (2011b). Metodik konsekvensbedömning – Väg. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 17. Linköping.

Bergman, R. (2011c). Metodik konsekvensbedömning – Järnväg. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 18. Linköping.

Björkman, G. (2009). Rapport om ASEK-värden, bilaga A till Monetära schablonvärden för miljöförändringar. Naturvårdsverket. Rapport 6322.

Fahlberg, H. & Öberg, M. (2011). GIS-analys Värdeberäkning konsekvenser Statens geotekniska institut. I Andersson-Sköld, 2011, Sammanställning av underlagsmaterial för Metodik konsekvensbedömning av skred i Götaälvdalen. SGI Varia.

Falemo, S. (2011a). Metodik konsekvensbedömning - Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 15. Linköping.

Falemo, S. (2011b). Metodik konsekvensbedömning – Bebyggelse. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 14. Linköping.

Falemo, S. (2011c). Metodik konsekvensbedömning – Bebyggelse och Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv – Fallstudie Ale kommun. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 26. Linköping.

Frogner-Kockum, P. (2011). Metodik konsekvensbedömning – Energi och ledningsnät. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 21. Linköping.

Göransson, G. (2011). Sammanställning av hydrologiska konsekvenser av skred i Götaälvdalen. Statens geotekniska institut. I Andersson-Sköld, 2011, Sammanställning av

underlagsmaterial för Metodik konsekvensbedömning av skred i Götaälvdalen. SGI Varia.

Grahn, T. (2011a). Metodik konsekvensbedömning – Kulturarv. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 24. Linköping.

Grahn, T. (2011b). Metodik konsekvensbedömning – Näringsliv. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 23. Linköping.

Grahn, T. (2011c). Metodik konsekvensbedömning – Känslighetsanalyser. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 25. Linköping.

Helgesson, H. & Rihm, T. (2011). Metodik konsekvensbedömning - Miljöfarliga verksamheter och förorenade områden. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 19. Linköping

Hellman, B. (2005). Toxikologi som vetenskap och konstart. Toxikologisk riskbedömining. www.medsci.uu.se/occmed/webkurs/tox_zen.htm

Holland, Peye (2006) i Johansson Vredin och Forslund (2009) Klimatanpassningar i Sverige – Samhällsekonomiska värderingar av hälsoeffekter. Specialstudie nr 20, 2009. Konjunkturinstitutet.

Hultén, C., Olsson, M., Rankka, K., Svahn, V., Odén, K. & Engdahl, M. (2005). Sluttstabilitet i jord. Underlag för handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat. Deluppdrag 1. Statens geotekniska institut, SGI. Varia 560:1. Linköping.

Hultén, C., Edstam, T., Arvidsson, O. & Nilsson, G. (2006). Geotekniska förutsättningar för ökad tappning från Vänern till Göta älv. Statens geotekniska institut, SGI. Varia 565. Linköping.

Hågeryd, A.-C., Viberg, L. & Lind, B. (2007). Frekvens av skred i Sverige. Statens geotekniska institut, SGI. Varia 583. Linköping.

ISSMGE (2010). ISSMGE Glossary of Risk Assessment Terms. Tillgänglig på TC32: http://www.engmath.dal.ca/tc32/

Johansson Vredin, M. & Forslund, J. (2009). Klimatanpassningar i Sverige – Samhällsekonomiska värderingar av hälsoeffekter. Specialstudie nr 20. Konjunkturinstitutet.

KPfakta (2010). KP-fakta 2010. Rottne.

Lantmäteriet (2010). GSD-Fastighetskartan – Presentation. http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=449"

Larsson, R., Ottosson, E. & Sällfors, G. (1994). Agnesbergsskredet. Statens geotekniska institut, SGI. Rapport 44. Linköping.

Lindahl, S. (2011). I Andersson-Sköld, 2011, Sammanställning av underlagsmaterial för Metodik konsekvensbedömning av skred i Götaälvdalen. SGI Varia.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2009). Utdrag ur databasen EMIR ABC-anläggningar, december 2009.

Länsstyrelsen Västra Götaland (2011). Informationskartan Västra Götaland. http://gis.lst.se/gisvg/

Länsstyrelsen Västra Götaland (2000). Värdebeskrivningar riksintresse för naturvård. beslut 2000-02-07, uppdaterad 2008-01-16. http://www.lst.se/NR/rdonlyres/21BDDC30-9697-486B-9224-CA161AA4D83C/94822/Riksintressen_beskr_friluftsliv.pdf.

Löfstedt, R. (2005). Risk och sårbarhet i samhället. Presenterat på kunskapsseminariet Extremt väder och klimatförändring - med Göteborgsperspektiv. Burgårdens konferens-center den 25 nov., Göteborg. http://www.media.goteborg.se/fotoweb/Grid.fwx

MSB (2009a). Analys av samhällsekonmisk kostnad - Skredet vid Småröd, 2006. Myndigheten för samhällskydd och beredskap (MSB).

MSB (2009b). Naturolycksdatabasen. http://ndb.msb.se/

MSB (2011). Naturolycksdatabasen. http://ndb.msb.se/ (2011-09-14)

MSB (2010). Skred - olika typer. www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Skred-ras-och-erosion/Vad-ar-skred-och-ras/Skred/ (2011-10-12).

Naturvårdsverket (1999). Metodik för inventering av förorenade områden. Naturvårds-verket. Rapport 4918.

Naturvårdsverket (2008). Samhällsekonomisk konsekvensanalys av miljöåtgärder. Na-turvårdsverket. Handbok 2008:4.

NGU och NVE (2010). Skrednett. Norges vassdrags- og energidirektorat. www.skrednett.no.

Rihm, T. (2011). Metodik konsekvensbedömning – VA-system. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 22. Linköping.

Röcklinger, M. (2011). Samhällsekonomiska effekter av långvariga trafikavbrott. Lin-köpings tekniska högskola.

SCB (2008). Boende och boendeutgifter 2006. Statistiska centralbyrån. Serie BO - Bo-städer och byggande.

SCB (2011). Konsumentprisindex (KPI). Statistiska centralbyrån. http://www.scb.se/Pages/TableAndChart____272151.aspx

SCB (2009). SCB:s register över totalbefolkningen 2008-12-31. Befolkningsstatistik per ruta för en buffertzon längs Göta älv. Statistiska centralbyrån. SCB 198102/ 858584-6.

SCB (2003). Tid för vardagsliv. Statistiska centralbyrån. Levnadsförhållanden. 99.

SCB (2010). Folkmängden efter region, civilstånd, ålder och kön. År 2009. Statistikdatabasen. Statistiska centralbyrån.

Schelwald-van der Kley, L. (2004). Communication on contaminated land, Nicole, Communication booklet / Nicole Report.

SIKA (2002). Natur- och kulturmiljön. Rapport från arbetsgrupp inom etappmål miljöuppdraget. Statens institut för kommunikationsanalys.

SIKA (2010). Statistik. Statens institut för kommunikationsanalys. http://www.sika-institute.se/Doclib/2009/Statistik/Sjötrafik%202008_ny.xls (2010-03-15).

SIKA (2009). Värden och metoder för transportsektorns samhällsekonomiska analyser - ASEK 4. Statens institut för kommunikationsanalys. Rapport 2009:3.

SOU 2007:60. Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter. Regeringen, Miljödepartementet: Klimat- och sårbarhetsutredningen. http://www.regeringen.se/sb/d/8704/a/89334; kap 4 http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/c46c3ace.pdf; bilageförteckningen http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/4ccbfb50.pdf.

Suer, P. (2011). Metodik konsekvensbedömning – Naturmiljö. Statens geotekniska institut, SGI. Göta älvutredningen, GÄU. Delrapport 20. Linköping.

TEEB (2010a). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the economics of nature - A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. UNEP, United Nations Environment Programme. www.teebweb.org http://www.teebweb.org/LinkClick.aspx?fileticket=bYhDohL_TuM%3d&tabid=924&mid=1813

TEEB (2010b). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The ecological and economic foundations. Appendix C: Estimates of monetary values of ecosystem services.

Trafikverket (2011). Vektordata. Katarina Holm. Personlig kommunikation, augusti 2011.

UNEP, United Nations Environment Programme. www.teebweb.org.

USEPA (2009) i Johansson Vredin och Forslund (2009) Klimatanpassningar i Sverige – Samhällsekonomiska värderingar av hälsoeffekter, specialstudier nr 20 juni 2009, Konjunkturinstitutet.

Göta älvutredningen, GÄU delrapporter 1-34

1 Erosionsförhållanden i Göta älv

2 Fördjupningsstudie om erosion i vattendrag

3 Hydrodynamisk modell för Göta älv. Underlag för analys av vattennivåer, strömhastigheter och bottenskjuvspänningar

4 Transport av suspenderat material i Göta älv

5 Ytgeologisk undersökning med backscatter - Analys för Göta älv och Nordre älv

6 Bottenförhållanden i Göta älv

7 Bedömning av grundvattenförhållanden för slänter längs Göta älv - Allmän vägledning

8 Känslighetsanalys för variationer i grundvattennivå och val av maximala portryck i slänter längs Göta älv – Exempel från en slänt

9 Bedömd förändring av maximala grundvattennivåer i Göta älvdalen till följd av förändrat klimat

10 Studie av portryckens påverkan från nederbörd och vattenståndsvariation i tre slänter längs Göta älv

11 Analys av uppmätta portryck i slänterna vid Äsperöd och Åkerström

12 Metodik för inventering och värdering av konsekvenser till följd av skred i Göta älvdalen

13 Metodik konsekvensbedömning - Känslighetsanalys, klassindelning och applicering av metodik i hela utredningsområdet

14 Metodik konsekvensbedömning - Bebyggelse

15 Metodik konsekvensbedömning - Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv

16 Metodik konsekvensbedömning - Sjöfart

17 Metodik konsekvensbedömning - Väg

18 Metodik konsekvensbedömning - Järnväg

19 Metodik konsekvensbedömning - Miljöfarliga verksamheter och förorenade områden

20 Metodik konsekvensbedömning - Naturmiljö

21 Metodik konsekvensbedömning - Energi och ledningsnät

22 Metodik konsekvensbedömning - VA-system

23 Metodik konsekvensbedömning - Näringsliv

24 Metodik konsekvensbedömning - Kulturarv

25 Metodik konsekvensbedömning - Känslighetsanalyser

26 Metodik konsekvensbedömning - Bebyggelse och kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv - Fallstudie Ale kommun

27 Hydrologiska och meteorologiska förhållanden i Göta älvdalen

28 Metodbeskrivning sannolikhet för skred: kvantitativ beräkningsmodell

29 Kartering av kvicklereförekomst för skredriskanalyser inom Göta älvutredningen. Utvärdering av föreslagen metod samt preliminära riktlinjer

30 Quick clay mapping by resistivity – Surface resistivity, CPTU-R and chemistry to complement other geotechnical sounding and sampling

31 Inverkan av förändringar i porvattnets kemi, främst salturlakning, på naturlig leras geotekniska egenskaper – Litteraturstudie

32 Hantering av kvicklereförekomst vid stabilitetsbedömning för Göta älv – Riktlinjer

33 Metodbeskrivning för SGI:s 200 mm diameter ”blockprovtagare” - Ostörd provtagning i finkornig jord

34 Sjömätning - Göta älv och Nordre älv

Statens geotekniska institut
Swedish Geotechnical Institute
SE-581 93 Linköping, Sweden
Tel: 013-20 18 00, Int + 46 13 201800
Fax: 013-20 19 14, Int + 46 13 201914
E-mail: sgi@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se