



RAPPORT

Ljungan

Underlag för beredskapsplanering

2008-12-22

Upprättad av: Petter Stenström, Helena Björkman, Duncan McConnachie, Annika Ryegård, Per Lodin och Ante Erixon,



RAPPORT

Ljungan Underlag för beredskapsplanering

2008-12-22

1 Kund

Ljungans Vattenregleringsföretag
Peter Calla
Box 392
831 25 Östersund

2 Konsult

WSP Samhällsbyggnad
121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 8 688 60 00
Fax: +46 8 688 69 13
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
www.wspgroup.se

3 Kontaktpersoner

Uppdragsansvarig:	Petter Stenström, 08-688 66 74
Terrängmodell:	Per Lodin, 08-688 63 57
	Ante Erixon, 08-688 67 35
Hydraulik:	Helena Björkman, 08-688 67 97
GIS:	Duncan McConnachie, 08-688 67 73
	Annika Ryegård, 08-688 67 18



Innehåll

1	Inledning	4
2	Platsbeskrivning Ljungan	5
2.1	Flöden	6
3	Terrängmodell	7
3.1	Dataunderlag	7
3.2	Metoder	7
3.3	Leverans	7
4	Dammbrottsberäkningar och hydraulisk modellering	8
4.1	Dataunderlag	8
4.2	Metoder och beräkningsförutsättningar	8
4.2.1	Älvsträckor (branches)	8
4.2.2	Tvärsektioner	8
4.2.3	Randvillkor och initialvillkor	9
4.2.4	Hydrauliska parametrar, kalibrering	9
4.2.5	Avbördningskurvor	10
4.2.6	Beräkningsförutsättningar	10
4.2.7	Modelleringsscenarier	11
4.3	Leverans	13
5	GIS	14
5.1	Dataunderlag	14
5.1.1	Beskrivning av skikt	14
5.2	Metoder	15
5.2.1	Ortofoton	15
5.2.2	Översiktskarta och detaljkartor	15
5.2.3	GIS-viewern: ArcReader 9.3	16
5.2.4	Hyperlinks	16
5.3	Leverans	16
5.3.1	GIS-viewer	16
5.3.2	Vattenutbredningsskikt	17
5.3.3	Maxvattennivåer	17
5.3.4	Översiktskarta	17
5.3.5	Detaljkartor	18
5.3.6	Bakgrundskarta (Terräng- och Vägkartan)	18
6	Sammanfattning leverans och sekretess	19

Bilagor

1. Översiktskarta Ljungan
2. Klass I-hydrografer
3. Dammbrottssektioner och anläggningsdata
4. Användarmanual GIS



1 Inledning

WSP har av Ljungans Vattenregleringsföretag fått i uppdrag att ta fram underlag för beredningsplanering för Ljungan. Uppdraget har omfattat:

- Platsbysök vid Ljungans dammanläggningar.
- Framtagande av terrängmodell utgående från laserskannad terrängdata.
- Komplettering av terrängmodellen med djupdata.
- Uppbyggnad av hydraulisk modell i MIKE 11.
- Modellering av ca 80 olika kombinationer av flöden och dammbrott.
- Framtagande av detaljkartor som visar flodvågens utbredning vid specifika platser längs älven för de olika modelleringsscenarierna.
- Framtagande av översiktskarta för hela älven som visar den maximala vattenutbredningen med samtliga scenarier kombinerade.
- Framtagande av GIS för detaljerad redovisning av de olika modellerings-scenarierna.
- Framtagande av tabellsammanställning över flodvågens egenskaper för de olika modellerings-scenarierna.
- Slutrapportering.

Peter Calla, Ljungans Vattenregleringsföretag, har varit projektledare och kontaktperson hos beställaren. Lennart Markland (Vattenregleringsföretagen) har varit beställarombud. Petter Westerberg (E.ON), Karin Persson (Fortum), Per Holmström (Vattenfall) och Lennart Markland (Vattenregleringsföretagen) har representerat dammägarna.

Dessutom har följande personer deltagit vid ett eller flera projektmöten och gett synpunkter på arbetet: Anna Engström Meyer (Vattenfall), Olle Mill (Svenska Kraftnät), Maria Bartsch (Svenska Kraftnät), Romanas Ascila (Sweco), Staffan Edler (Länsstyrelsen Jämtland), Johan Dagerö (Länsstyrelsen Jämtland) och Håkan Söderholm (Länsstyrelsen Västernorrland).

För uppdragets genomförande har WSP satt samman en arbetsgrupp bestående av:

Petter Stenström, WSP	Uppdragsansvarig
Per Lodin, WSP	Terrängmodell
Ante Erixon, WSP	Terrängmodell
Helena Björkman, WSP	Hydraulik och dammbrott
Jean-Pierre Bramslev, Multiconsult	Hydraulik
Duncan McConnachie, WSP	GIS och kartframställning
Annika Ryegård, WSP	GIS och kartframställning

Leveransen från uppdraget består av denna rapport samt av en GIS-viewer (se avsnitt 5.3.1), GIS-data (avsnitt 5.3.2 – 3), översiktskarta (avsnitt 5.3.4), detaljkartor (avsnitt 5.3.5) samt tabellsammanställning över flodvågens egenskaper vid de olika detaljkarteområdena. Dessutom levereras den terrängmodell som har legat till grund för beräkningarna (se avsnitt 3.3) och den hydrauliska modellen (MIKE 11-filer).

2 Platsbeskrivning Ljungan

Ljungan sträcker sig drygt 30 mil i väst-östlig riktning från Storsjön i Jämtlands län till utloppet i havet vid Sundsvall i Västernorrlands län (se översiktskarta i Bilaga 1). Totala fallhöjden är ca 570 m. Ett större biflöde, Gimån, ansluter ca 6 mil från utloppet i havet. Fallhöjden för Gimån från Leringen till sammanflödet med Ljungan är ca 140 m.

Ljungan regleras av 18 dammanläggningar och biflödet Gimån av ytterligare 2 (Tabell 2.1). Anläggningarna och de sektioner vid anläggningarna som har valts för dammbrottsberäkningarna redovisas i Bilaga 3.

Tabell 2.1. Dammanläggningar i Ljungan och i Gimån (i flödesordning).

Dammanläggning	Anläggnings- ägare	Riskklass (Flödesdimen- sioneringsklass)
Storsjödammen	LVF	II
Flåsjön	LVF	I
Skålandammen	E.ON	II
Äldådammen (parallell med Skålandammen)	E.ON	II
Rätan	E.ON	II
Turinge	E.ON	II
Bursnäs	E.ON	II
Havern ¹	LVF	II
Holmsjön	LVF	I
Albydammen	E.ON	II
Ringdalsdammen	E.ON	II
Parteboda	Fortum	I
Hermansboda	Fortum	II
Ljunga ¹	Fortum	II
Nederede	E.ON	II
Skallböle	E.ON	II
Matfors	E.ON	II
Viforsen	E.ON	II
Leringen (Gimån)	Vattenfall	I
Torpshammar (Gimån)	Vattenfall	I

¹Primärdammbrott har inte beräknats, eftersom marginalkonsekvenserna av dammbrott har bedömts vara försumbara.



2.1 Flöden

Dimensionerande flöden (klass I-flöden) för anläggningarna har erhållits från Vattenregleringsföretagen som flödessekvenser över en tidsperiod, typiskt ca 2 veckor (Bilaga 2). I dammbrottsberäkningarna har ett stationärt grundflöde motsvarande medelvärdet av de uppmätta årsmaxima (MHq) antagits gälla i älven när Klass I-sekvensen börjar.

Beräkningar har också gjorts för klass II-flödet (100-årsflödet) och normalflödet (utbyggnadsvattenföringen). Uppgifter om dessa för respektive anläggning finns i Bilaga 3.



3 Terrängmodell

3.1 Dataunderlag

Terrängmodellen av markytan har byggts upp från laserskannade höjddata levererade av Blom Swe AB. Ortofoton med upplösning 0,5 m, också levererade av Blom Swe AB, har använts för att bestämma strandlinjen. Underlaget för bottenmodellen kommer mestadels från analoga kartor (papperskopior) med bottenivåkurvor eller punktdata.

3.2 Metoder

Analoga djupkartor har skannats och digitaliserats. Om inget transformerbart koordinatsystem funnits angivet har överföring till RT90 2,5 gon V gjorts genom inpassning mot strandlinjer eller andra definierbara objekt,

De digitaliserade bottenivåerna har omräknats till RH70 och bildar underlag för en bottenpografimodell (triangelmodell). För de delar av älven för vilka djupdata har saknats har djupet anpassats till anslutande delar med djupdata. Viss ytterligare tolkning har gjorts med stöd av ortofoton.

AutoCAD MAP har använts för tolkning, nivåsättning och inpassning.

Geo (SBG) har använts för terrängmodellsberäkning.

TerraModeller har använts för klassning och hantering av laserdata, samt för sammanfogning av terräng- och bottenmodeller.

Den färdiga terrängmodellen innehöll enstaka celler utan nivådata. Dessa celler har kompletterats med data genom spline-interpolering i ArcGIS.

Kvalitetssäkring av bottenmodellen har gjorts iterativt i MIKE 11-beräkningarna genom att bottenmodellen har justerats när uppenbara avvikelser i vattenutbredningen för normalflödet har noterats.

Koordinatsystem i plan: RT90 2.5 gon V 0:-15

Höjdsystem: RH70

3.3 Leverans

Terrängmodellen levereras som ESRI Grid med 5 m upplösning.

Ortofoton levereras i ECW-format med 0,5 m upplösning.



4 Dammbrottsberäkningar och hydraulisk modellering

4.1 Dataunderlag

Ritningar (planer, sektioner och elevationer) för dammanläggningarna har erhållits från dammägarna E.ON, Vattenfall, Fortum och Vattenregleringsföretagen. Vid några anläggningar (Matforsen, Viforsen och Parteboda) pågår projektering av ombyggnadsarbeten. Dammägarna (E.ON respektive Fortum) har då begärt att projekteringshandlingar ska användas. Från dammägarna har även utdrag från kraftindustrins dammregister erhållits för de olika anläggningarna, samt viss flödes- och vattenståndsstatistik.

Sammanställningsritningar för broar har erhållits från Vägverket och Banverket. I de fall ritningar inte har funnits har överkant brobana uppskattats från laserskannade data. Spännvidden har uppskattats genom att jämföra flygfoton, videofilm och laserskannade data.

Vattenregleringsföretagen har levererat klass I-hydrografer, uppgifter om MHq, samt vattendomar.

Avbördningskapaciteter för befintliga utskov har bestämts utifrån uppgifter i kraftindustrins dammregister. För planerade utskov vid Matfors och Viforsen har uppgifter fått från projekteringshandlingar.

Platsbesök genomfördes med helikopter vid samtliga anläggningar utom Havern 10-11 maj 2007. Vid platsbesöken gjordes en genomgång av möjliga sektioner för dammbrottsberäkningarna och beslut om beräkningssektion togs i de flesta fall. Dammbrottssektionerna fotodokumenterades (Bilaga 3).

4.2 Metoder och beräkningsförutsättningar

Samtliga beräkningar har gjorts med MIKE 11 Enterprise 2007, med tilläggsmodulen DB (dam break).

4.2.1 Älvsträckor (branches)

Älvsträckor har digitaliserats som linjeobjekt direkt i terrängmodellen i MIKE GIS. Linjerna följer i huvudsak djupfåran. Vid dammanläggningarna har generellt tre parallella linjer digitaliserats, en för turbinvattenföringen, en för utskovsflödet och en för dammbrottsflödet. Vid regleringsdammar utan kraftstation finns endast två parallella linjer.

4.2.2 Tvärsektioner

Tvärsektioner har digitaliserats längs älvsträckorna med medelavståndet ca 500 m (totalt ca 600 tvärsektioner för Ljungan och ytterligare ca 40 för Gimån). Planläget för tvärsektionerna har valts så att de ska ge en rättvisande bild dels av sektionsförändringar i älven, dels av magasinens volymer. I praktiken betyder det att tvärsektionerna har placerats ut dels omedelbart före och omedelbart efter betydande sektionsförändringar i älven, dels så att en linjärinterpolering mellan sektionerna ger en rättvisande bild av volymen mellan sektionerna.

Sektionerna digitaliseras i MIKE GIS och nivådata extraheras automatiskt från terrängmodellen. Sektionerna har inledningsvis dragits ut så långt att de säkert täcker det område som kan översvämmas i de olika modellerings scenarierna. En genomgång har sedan gjorts sektion för sektion för att säkerställa att sektionerna beskriver den verkliga strömningsvägen (t ex att inte lokala lågpunkter har tolkats som alternativa strömningsvägar).

4.2.3 Randvillkor och initialvillkor

Havsvattennivån har satts till 0 (RH70) vid normalflöde i älven. Vid simulering av höga flöden har en högre havsvattennivå valts, +1,26 m, vilket är samma nivå som användes i Ljusnanprojektet.

Inför dammbrottsmodelleringarna har stationära beräkningar gjorts med konstanta tillflöden längs älven. Tillflödena redovisas på översiktskartan.

Vid klass I-beräkningarna har en flödessekvens adderats till den stationära flödessituationen. Klass I-hydrograferna finns beskrivna i Bilaga 2.

Avbördningskurvorna för utskoven har formulerats så att alla magasin initialt ligger vid dämmningsgränsen eller vid den högre nivå som krävs för att avbörda det simulerade flödet.

För uppströmsmagasinen Storsjön (Ljungan) och Leringen (Gimån) har volymkurvor uppskattats från kartmaterial.

I Storsjöns volymkurva har hänsyn tagits till att det finns en begränsande sektion uppströms dammen, vid inloppet till den schaktade kanal som leder fram till anläggningen. Vid dammbrottsberäkningarna har den begränsande sektionen och kanalen liten betydelse, eftersom magasinets nivå inte sjunker så lågt att begränsningarna får någon effekt. Begränsningarna sätter dock en gräns för hur stort dammbrottsflödet kan bli. Denna begränsning uppnås dock inte vid brott i anslutningsdammar.

Uppströms om Leringens magasin finns en grunddamm som håller upp vattennivån i nästa större sjö, Holmsjön. Grunddammen har krönet på nivån +197,2 m, vilket är 6,7 m under huvuddammens krön och 4,7 m under DG. Magasinets volymkurva har reducerats vid en nivå strax över grunddammens krön så att Holmsjön då inte bidrar. Strömningsförluster över grunddammen har inte tagits med, men bedöms ha liten effekt på dammbrottsflödets storlek.

4.2.4 Hydrauliska parametrar, kalibrering

Mannings tal har satts i intervallet 15-35. Som utgångsvärde har 30 använts för hela älven. Justering för varje sektion längs älven har sedan gjorts genom jämförelse med flygfoton. I områden med mycket skog och där en stor del av flödet kan förväntas gå utanför älvfåran har ett lägre värde valts och i öppna områden har värdet ökat.

En justering har också gjorts iterativt i beräkningarna genom jämförelse mellan den simulerade normalvattenytans utbredning och flygfoton. I området nedströms Storsjödammen har värdet justerats ner mot 15, vilket krävdes för överensstämmelse med flygfotot.

För övriga hydrauliska parametrar (t ex accelerations- och retardationsförlustkoefficienter) har defaultvärden i MIKE 11 använts.



4.2.5 Avbördningskurvor

Avbördningskoefficienter har bestämts för samtliga befintliga utskov utifrån uppgifter om avbördningskapacitet och utskovsdimensioner i kraftindustrins dammregister. Avbördningskurvor har sedan konstruerats med antagande om konstanta avbördningskoefficienter. För planerade utskov vid Matfors, Viforsen och Parteboda har uppgifter fåtts från projekteringshandlingar.

För att säkerställa initialnivåer för magasinen i närheten av DG har avbördningskurvorna ”klippts”, så att avbördningskapaciteten satts till 0 under nivån 1 dm under DG.

4.2.6 Beräkningsförutsättningar

Allmänt

Generellt har beräkningarna gjorts med konservativa antaganden. I huvudsak har samma grundförutsättningar använts som i Ljusnanprojektet:

- Turbintappning medräknas inte som avbördnings vid flöden större än Q_{normal}
- Broar spolats bort om vattnet når brobanan. I praktiken innebär det att brobanan inte har tagits med i MIKE 11, utan endast den förträngning som fundament och pelare innebär
- Älvfåran antas ha konstant geometri genom beräkningarna och påverkas alltså inte av erosion eller tillfälliga fördämningar

Vissa förändringar har dock gjorts avseende strategin för luckmanövrering vid dammbrott. Följande strategi har använts för Ljungan:

- Tillrinningen avbördas och magasinen hålls så länge som möjligt vid dämningensgränsen. Maximal avbördningskapacitet utnyttjas så fort vattenytan stiger ovanför dämningensgränsen.
- Vid ett dammbrott behåller luckorna det läge de hade innan dammbrottet inträffade (gäller den anläggning där dammbrottet sker samt anläggningar uppströms).
- Vid anläggningar nedströms den anläggning där dammbrottet sker öppnas luckorna fullt när vattenytan stiger över dämningensgränsen (undantag kan göras om t ex gångtiden är mycket kort)

På det här sättet garanteras att:

- Vattenytorna vid normalflöden ligger vid eller strax under DG.
- Ingen förtappning sker vid nedströmsanläggningarna vid ett dammbrott.
- Inga åtgärder görs uppströms för att begränsa tillflödet till primärdammbrottsanläggningen.
- Inga åtgärder görs vid primärdammbrottsanläggningen för att begränsa dammbrottsflödet.



Dammbrottsinitiering och -utveckling

I första hand har primärdammbrott antagits ske i fyllningsdammar. Vid de anläggningar där fyllningsdammar saknas, eller där brott i betongdamm (högst 2 monoliter) ger ett väsentligt större flöde, har primärdammbrott antagits i betongdammar. Sekundärdammbrott antas endast för fyllningsdammar. Alla dammbrottssektioner har valts i samråd med dammägarna och redovisas i Bilaga 3.

Primärdammbrotten har initierats vid följande nivåer:

Q_{normal} : "Driftnivån", strax under DG

Q_{100} : "Driftnivån", eller den högre nivå som krävs för avbördning av Q_{100}

$Q_{klass I}$: Dammkrön. För de dammar där klass I-flödet kan avbördas har dammbrott initierats även vid den lägre nivå som krävs för avbördning av $Q_{klass I}$

Sekundärdammbrott sker endast som överströmningsbrott, d v s när vattenytan når dammkrönet. Sekundärdammbrott antas ej för betongdammar.

För fyllningsdammar har på samma sätt som i Ljusnanprojektet en erosionsbaserad metod använts för dammbrottsutvecklingen. Metoden innebär att tidsförloppet beräknas av MIKE 11 utifrån vattenhastigheten i brottöppningen och materialparametrar för dammfyllningen. För samtliga dammar har $D_{50}=10$ mm använts. Erosionen avstannar när en på förhand bestämd begränsande sektion nås. Dessa redovisas i Bilaga 3.

Inre erosionsbrott behandlas som överströmningsbrott till följd av sjunkhål i krönet istället för som "piping". Detta val gjordes efter diskussioner med Vattenfall och skälet är att rutinen för "piping" i MIKE 11 fungerar dåligt.

I fyllningsdammar med tätspont/betongskärm (t ex Leringen och Torpshammar) antas "piping" och sjunkhål kunna uppstå trots sponten för att dammbrott ska kunna fås även för de beräkningsscenarioer där vattenytan inte stiger över sponten.

4.2.7 Modelleringscenarier

Samma scenarier har beräknats som i Pilotprojekt Ljusnan. Dessutom har ett scenario tillkommit för de anläggningar som inte överströmmas vid klass I-flödet. För dessa anläggningar har avbördningskapaciteten antagits vara nedsatt så att överströmning av dammen fås. Målet har varit att få fram ett värsta scenario för varje anläggning. Scenariot är i stort sett detsamma som Vattenfall har använt för Luleälven, men Vattenfall har antagit att avbördningskapacitet motsvarande 1 lucka har fallit bort, vilket ibland, men inte alltid, leder till att dammen överströmmas. Samtliga scenarier beskrivs i Tabell 4.1 nedan.

Tabell 4.1. Modelleringsscenarier.

Scenario	Beskrivning
Q_{normal}	Flödena motsvarar normala produktionsförhållanden (utbyggnads-vattenföring) i älven. Samtliga magasin ligger vid eller strax under dämmningsgränsen. Vattenstånden längs älven är normala.
Q_{100}	Flöden i älven motsvarar beräknade 100-årsflöden. Magasinen ligger vid dämmningsgränsen, eller vid den högre nivå som behövs för att avbörda 100-årsflödet. Delar av älven översvämmas.
$Q_{klass\ I}$	Flödena i älven motsvarar beräknade klass I-flöden (uppskattad återkomsttid 10 000 år). Dessa flöden är avsevärt högre än vad som hittills har uppmätts och leder till omfattande översvämningar längs stora delar av älven. Dammar i riskklass I dimensioneras för att säkert kunna släppa förbi dessa flöden. Lägre klassade dammar kan dock gå till brott.
Dammbrott vid Q_{normal}	Dammbrott inträffar vid i övrigt normala förhållanden enligt scenario " Q_{normal} ". Dammbrottet antas bero på inre erosion. Dammbrottet antas inträffa i den del av anläggningen som ger störst konsekvenser.
Dammbrott vid Q_{100}	Dammbrott inträffar vid förhållanden enligt scenario " Q_{100} ". Dammbrottet antas bero på inre erosion vid de anläggningar där 100-årsflödet kan avbördas och på överströmning vid övriga anläggningar. Dammbrottet antas inträffa i den del av anläggningen som ger störst konsekvenser.
Dammbrott vid $Q_{klass\ I}$	Dammbrott inträffar vid förhållanden enligt scenario " $Q_{klass\ I}$ ". Dammbrottet antas bero på inre erosion vid de anläggningar där klass I-flödet kan avbördas och på överströmning vid övriga anläggningar. Dammbrottet antas inträffa i den del av anläggningen som ger störst konsekvenser.
Dammbrott vid $Q_{klass\ I}$, nedsatt avbördningskapacitet	Dammbrott inträffar vid förhållanden enligt scenario " $Q_{klass\ I}$ ". För de anläggningar där klass I-flödet normalt kan avbördas antas avbördningskapaciteten vara nedsatt så att vattenytan stiger över krönet och överströmningsbrott fås. Dammbrottet antas inträffa i den del av anläggningen som ger störst konsekvenser.

4.3 Leverans

Resultaten av beräkningarna presenteras dels som vattenutbredningsskikt och profiler, dels i tabellsammanställning. De olika leveransformerna för vattenutbredningsskikt och profiler beskrivs i avsnitt 5.3.

Tabeller med sammanställning över flodvågens egenskaper vid områdena för detaljkartor redovisas i separat dokument, samt länkade till detaljkarteområdena i GIS-viewern. Tabellerna innehåller följande uppgifter om flodvågen:

Ankomsttid	[timmar]	Tiden från att dammbrottet konstateras tills att vattennivån börjar stiga vid en given punkt nedströms.
Kulmination	[timmar]	Tiden från att dammbrottet konstateras tills att vattennivån når sitt maximum vid en given punkt nedströms.
Varaktighet	[dygn]	Tiden från att vattenytan börjar stiga vid en given punkt tills att flodvågen har passerat.
Maximalt flöde	[m ³ /s]	
Maximal vattenhastighet	[m/s]	
Maximal vattennivå	[m]	

Ankomsttiden innehåller två osäkra tidpunkter, tidpunkten när dammbrottet konstateras och tidpunkten när vattennivån börjar stiga i en punkt nedströms. Båda tidpunkterna har satts utifrån kurvor som beskriver vattenståndets utveckling. För att få en likartad uppskattning längs hela älven har en gräns satts när vattenståndet har stigit 10 % av den totala amplituden i flodvågen. Ankomsttiden har alltså räknats från att vattenståndet har stigit 10 % av den totala amplituden i en punkt omedelbart nedströms primärdammen tills att vattenståndet har stigit 10 % av den totala amplituden i den punkt där ankomsttiden ska uppskattas. Om vattenståndshöjningen är mindre än 0,2 m uppskattas ingen ankomsttid.

I fallet dammbrott vid $Q_{\text{klass I}}$ innehåller flodvågen två överlagrade komponenter, en från klass I-sekvensen och en från dammbrottsflödet. Dessa kan inte på något enkelt sätt separeras. I detta fall gäller alltså ankomsttid och varaktighet för den ”totala” flodvågen.

Den hydrauliska modellen och beräkningsresultaten levereras också som MIKE 11-filer.

5 GIS

5.1 Dataunderlag

Resultaten från modellberäkningarna har sammanställts i ett GIS, tillsammans med kart- och objektdata för orientering. Format och skala/upplösning för de olika skikten redovisas i Tabell 5.1. För samtliga skikt gäller:

Koordinatsystem i plan: RT90 2.5 gon V 0:-15

Höjdsystem: RH70

Tabell 5.1. Format och skala/upplösning för GIS-data.

Skikt	Format	Skala/upplösning
Detaljkartoområden	Vektor (polygon)	-
Dammar	Vektor (punkt)	-
Broar	Vektor (punkt)	-
Vattenutbredning	Vektor (polygon)	-
Maxvattennivåer	Vektor (punkt)	-
Ortofoton	Raster	0,5 m och 3 m
Terrängkartan	Vektor	1: 50 000
Vägartan	Vektor	1:100 000

5.1.1 Beskrivning av skikt

Samhällen

Totalt 23 områden har valts ut för detaljerad redovisning av flodvägens utbredning:

1	Börtnan	13	Erikslund
2	Lill-Börtnan	14	Ljungaverk
3	Fotingen	15	Fränsta
4	Skålan	16	Torpshammar
5	Äldådammen	17	Viskan
6	Nästeln	18	Stöde
7	Rätan	19	Nedansjö
8	Kölsillre	20	Matfors
9	Östavall	21	Lucksta
10	Alby	22	Njurundabommen
11	Ovansjö	23	Kvissleby
12	Ånge		

Detaljkartoområdena visas som rektanglar i GIS-viewern.



Bakgrundskarta (terräng- och vägkartan)

Terräng- och vägkartan har köpts in från Lantmäteriet och inkluderats som bakgrundsinformation i GIS-viewern. Terrängkartan ger en noggrann beskrivning av landskapet och innehåller bl.a. vägar och detaljerade beskrivningar av olika marktyper. Terrängkartan har skalan 1:50 000. Vägkartan har en grövre skala, 1:100 000, och innehåller i första hand fullständig och aktuell redovisning av vägar. Vägkartan har använts eftersom terrängkartan saknas för norra delen av Ljungan.

Ortofoton

Ortofoton levererade av Blom Swe AB har komprimerats i ECW-format och inkluderats i GIS-viewern i 2 olika upplösningar, den ursprungliga upplösningen 0,5 m och den lägre upplösningen 3 m. De lågupplösta ortofotona visas som default för att maximera visningshastigheten. När inzoomning till något visst område har skett kan de högupplösta ortofotona tändas så att fler detaljer visas.

Dammar och broar

Samtliga dammar och broar längs älven har digitaliserats utifrån ortofotona och inkluderats som punkter i GIS-viewern.

Vattenutbredning

I modelleringen av de olika dammbrotts- och flödesscenerierna (se avsnitt 4.2.6) genererades vattenutbredningsskikt i MIKE 11. Dessa har exporterats till ArcGIS och inkluderats i GIS-viewern som vektordata (polygoner).

Maxvattennivåer

För varje beräkningsscenario finns också ett skikt med punkter med ett medelavstånd på ca 500 m längs älven. Till varje punkt har attributdata knutits som ger uppgift om maximal vattennivå för det aktuella scenariot, samt normal vattennivå.

5.2 Metoder

5.2.1 Ortofoton

Högupplösta ortofoton komprimerades för att minska storleken på filerna och öka snabbheten i GIS-viewern. Komprimeringsformat är ECW (**ER** Mapper **C**ompressed **W**avelet), vilket är en industristandard som är läsbar i ArcGIS och ArcReader. En mosaik har också skapats med lägre upplösning så att man snabbt kan förflytta sig runt i kartan.

5.2.2 Översiktskarta och detaljkartor

Bearbetning av GIS-data har gjorts i ArcGIS 9.2 med tilläggsverktygen Spatial Analyst och ModelBuilder. Översiktskarta och detaljkartor har också tagits fram i samma programvara. Kartorna innehåller vattenutbredningsskikt för aktuella scenarier med ortofoton som bakgrund.

5.2.3 GIS-viewern: ArcReader 9.3

GIS-viewern är uppbyggt i programmet ArcReader 9.3. ArcReader är en lättanvänd GIS-programvara som innehåller funktioner för att visa, utforska och skriva ut GIS-information. Programmet är avsett för spridning av data, både till GIS-specialister och icke GIS-användare. Viewern är kostnadsfri. Funktionaliteten i ArcReader motsvarar alla de krav som man normalt ställer på en GIS-viewer. Möjlighet finns dessutom att bygga ut funktionaliteten för specialiserade tillämpningar/analyser, men då krävs en tilläggsprogramvara med licens. Bifogad användarmanual (Bilaga 4) ger en detaljerad beskrivning av GIS-viewern och dess funktionalitet.

5.2.4 Hyperlinks

”Hyperlinks”, dvs. kopplingslänkar, har lagts in i ArcGIS från skiktet ”Detaljkartområden” till detaljkartorna i PDF-format. Med hjälp av ”hyperlinks” kan man enkelt hitta rätt detaljkarta genom att klicka på det detaljkarteområde man är intresserad av och sen välja det scenario man vill ha information om. Detta beskrivs närmare i Bilaga 4.

5.3 Leverans

5.3.1 GIS-viewer

GIS-viewern, inklusive kartor och databas, levereras på DVD. Mappstrukturen på DVD:n visas i Tabell 5.2.

Tabell 5.2. Mappstruktur på DVD med GIS-viewer.

Mapp	Innehåll
1_ArcReader_projekt	<ul style="list-style-type: none">▪ GIS-viewer▪ ArcReader programvara▪ ArcReader service pack▪ ArcReader ”tutorial”
2_Kartor	<ul style="list-style-type: none">▪ Översiktskarta▪ Detaljkartor
3_Rasterfiler	<ul style="list-style-type: none">▪ Komprimerade ortofoton (0,5 m och 3 m upplösning)
4_Shapefiler	<ul style="list-style-type: none">▪ Hjälpinformation (avrinningsområden, broar, dammar, detaljkarteområden, samhällen, ortho_tiles)▪ Vattenutbredningsskikt (polygoner)▪ Maxvattennivåer (punkter)▪ Terrängkartan/Vägartan
5_Användarmanual	<ul style="list-style-type: none">▪ Manual speciellt framtagen för Ljungan-projektet
6_Hyperlink	<ul style="list-style-type: none">▪ HTML-filer som länkar samhällen till detaljkartor och resultattabeller
7_LYR	<ul style="list-style-type: none">▪ ArcGIS layerfiler till samtliga skikt i GIS-viewern

Det rekommenderas att hela innehållet på DVD:n kopieras över till hårddisken på den dator på vilken projektet ska visas. Det är viktigt att mappar och filer ligger i



exakt samma ordning som på DVD:n samt att inga namn ändras. Instruktion för installation av ArcReader finns i användarmanualen.

5.3.2 Vattenutbredningsskikt

Vattenutbredningsskikten levereras som shapefiler. Skikten är döpta i ett enhetligt system med förkortningar för de olika modelleringsscenarierna. För t ex Storsjödammen (SS) är filerna namngivna enligt:

SS_QKI	Maximal vattenutbredning vid $Q_{\text{klass I}}$
SS_QN_DB	Maximal vattenutbredning vid dammbrott vid Q_{normal}
SS_Q100_DB	Maximal vattenutbredning vid dammbrott vid Q_{100}
SS_QKI_DB1	Maximal vattenutbredning vid överströmningsbrott vid $Q_{\text{klass I}}$
SS_QKI_DB2	Maximal vattenutbredning vid inre erosionsbrott vid $Q_{\text{klass I}}$

För övriga dammar har följande prefix valts:

FS	Flåsjön
SN	Skålandammen
AA	Äldådammen
RN	Rätan
TE	Turinge
BN	Bursnäs
HS	Holmsjön
AB	Albydammen
RD	Ringdalsdammen
PB	Parteboda
HB	Hermansboda
NE	Nederede
SB	Skallböle
MF	Matfors
VF	Viforsen
LE	Leringen
TH	Torpshammar

5.3.3 Maxvattennivåer

Maxvattennivåer levereras som shapefiler (punktskikt) med samma namngivningssystem som för vattenutbredningsskikten.

5.3.4 Översiktskarta

Översiktskartan levereras både i PDF-format och som färgutskrift i format A0 i skala 1: 200 000. Översiktskartan beskriver den maximala vattenutbredningen med samtliga modelleringsscenarioer kombinerade och innehåller:

- Profil med normal och maximal vattennivå längs älven samt lägen och nivåer för broar och dammkrön



- Plan med vattenutbredningsskikt för normal- och maxflöde. Vattenutbredningsskikten är transparenta och ligger ovanpå ortofoton. I planen visas också läge för broar och dammar samt gränser för detaljkarteområdena
- Beskrivning av modelleringsscenarier

5.3.5 Detaljkartor

Detaljkartorna levereras i PDF-format för utskrift i A2 i skala 1:10 000. Totalt levereras 230 olika detaljkartor (23 detaljkarteområden och i genomsnitt 10 primärdammbrott per område). Detaljkartorna innehåller vattenutbredningsskikt för samtliga modelleringsscenarier för aktuell damm med ortofoton som bakgrund.

PDF-filerna är länkade till GIS-viewern så att man enkelt kan få upp en detaljkarta i ett separat fönster genom att klicka på motsvarande detaljkarteområden och välja det primärdammbrott man är intresserad av.

Områden med detaljkarta markeras med röd rektangel i översiktskartan.

5.3.6 Bakgrundskarta (Terräng- och Vägkartan)

Terrängkartan och Vägkartan levereras som shapefiler. Särskilt avtal mellan Lantmäteriet och Vattenregleringsföretagen gäller för användning av data.



6 Sammanfattning leverans och sekretess

Följande delresultat och slutresultat har tagits fram, där de senare utgör det gemensamma planeringsunderlaget:

1. Terrängmodell (delresultat)
2. Ortofoto (delresultat)
3. Hydraulisk modell omfattande indata- och resultatfiler för MIKE 11 (delresultat)
4. Digitala vattenutbredningsskikt samt skikt som för varje beräkningssektion beskriver normal och högsta vattenyta för respektive scenario (delresultat)
5. Presentationsverktyg med basfunktionalitet för GIS (delresultat)
6. Detalkartor och översiktskarta i pdf-format (slutresultat)
7. Pappersutskrifter av översiktskarta (slutresultat)
8. Tabellsammanställning över flodvågens egenskaper (slutresultat)
9. Slutrapporter med beskrivning av ovanstående och av det genomförda arbetet (slutresultat).
10. DVD innehållande punkt 4, 5, 6 och 9 (slutresultat)

Resultaten enligt punkterna 3 och 8 är hemliga enligt Säkerhetsskyddsavtal SUA för utveckling av samordnad beredskapsplanering för dammbrott i Ljungan.