

Terrängmodellering Göta Älv

Thomas Hedvall

2008-06-25

Dokumenttyp RAPPORT	Dokumentidentitet	Rev. nr.	Rapportdatum 2008-05-25	Uppdragsnummer 2412100
Författare Thomas Hedvall		Uppdragsnamn		
Beställare Vattenfall AB Vattenkraft, Dammar (PVHD)		Granskad av Romanas Acsila, Magnus Carlsson		
		Godkänd av Kjell Wester		
Delgivning			Antal sidor 19	Antal bilagor

Terrängmodellering Göta Älv

SAMMANFATTNING

Denna rapport är framtagen inom uppdraget "2412100 - BPU GÖTA ÄLV". Projektledare har Romanas Ascila och Carl Magnus Carlsson varit, utförare av höjdmodellering var Thomas Hedvall. Rapporten beskriver omfattning, metod och resultat samt ger en noggrannhetsklassning av den framtagna terrängmodellen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	3
1.1	Syfte.....	3
1.2	Orientering	3
1.3	Omfattning	3
2	DATAINSAMLING.....	4
2.1	Laserskanning	4
2.2	Bottentopografin	4
2.2.1	Ekolodning.....	4
2.2.2	Digitalisering	5
2.3	Ortofoton.....	14
2.4	Kvalitetsmärkning av terrängmodell.....	15
3	BESKRIVNING AV ARBETSSÄTT	15
3.1	Höjdmodell.....	15
3.1.1	Metod.....	16
3.2	Ortofoton.....	17
3.2.1	Metod.....	17
4	RESULTAT	17
4.1	Höjdmodell.....	18
4.2	Ortofoton.....	18
4.3	Noggrannhetsklassning	19
5	FÖRVALTNING	19

1 INLEDNING

1.1 Syfte

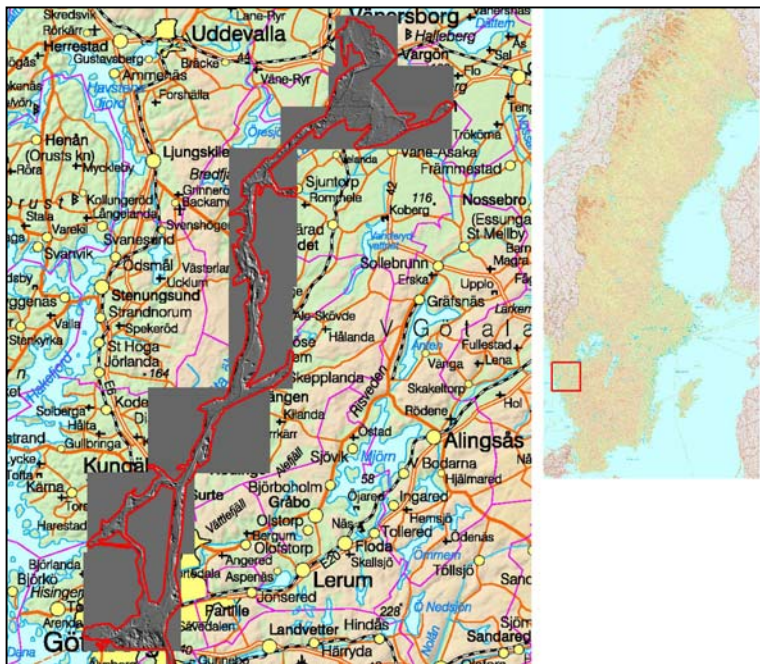
Terrängmodellen har tagits fram i syfte att användas för de hydrauliska beräkningar som ingår i beredskapsplaneringsunderlaget för Göta Älv.

1.2 Orientering

Denna bilaga innehåller information om framställning av underlag och upprättande av digital terrängmodell (DTM) avseende markytans och sjö- och älvbottens återgivning i digital form.

1.3 Omfattning

Omfattningen av terrängmodelleringen innefattar höjdmodeller, djupdata och ortofoton över Göta Älv och markområden i dess närhet från Vänersborg i södra Vänern till Göta Älvs utlopp i väster (figur 1). Höjdmodelleringen och ortofoton baseras på laserskanning och flygfoton i färg för Göta Älvs huvudflöde samt Nordre Älv. Djupdata baseras på ekolodningar med GPS-positionering, digitalisering av befintligt kartmaterial samt sjökartor. Terrängmodellen som ligger till grund för de hydrauliska beräkningarna består av både höjd- och djupinformation.



Figur 1. Figuren visar översiktligt Terrängmodellens utbredning (röd markering).

Ytan som terrängmodellen täcker är ca: 300 km² och punkttätheten i höjdmodellen baserad på laserskanning är 1-2 punkter per m². För ekolodningen varierar punkttätheten mellan 0.1-1 punkt per m².

2 DATAINSAMLING

Datainsamling genom laserskanning, ekolodning och digitalisering har skapat det underlag som ligger till grund för den terrängmodell som används för den hydrauliska modellen.

2.1 Laserskanning

Göta- och Nordre älv laserskannades från flygplan i början av maj 2006 av COWI AB. Flyghöjden var 1000 meter vilket ger en punktdensitet på 1-2 punkter per m². Laserdata har georefererats med hjälp av tröghetsnavigering och därefter stråkutjämnats och plananpassats.

Kvalitetskontroll av laserdata utfördes av Vattenfall Power Consultant i Göteborg under hösten 2006 (se rapport "Kvalitetskontroll laserskanning – Göta- och Nordre älv dalgångar").

Dataprocessering och generering av höjdmodeller samt mosaikoperationer av ortofoton påbörjades under januari månad 2007 och avslutades november 2007.

För att få en bild av exakt utbredning på laserskannat området hänvisas till filer i Esri shape format.

2.2 Bottentopografin

En förutsättning för att den hydrauliska modellen ska ge pålitliga resultat är att det finns höjddata såväl ovan som under vattenytan. För att erhålla information om topografi under vattenytan användes befintliga och nya data från ekolodning.

För Nordre Älv och för delar av Vänersborgsviken där ekolodsdata saknades användes gamla mätkartor. Georefereringen och digitaliseringen av kartor utfördes i ArcMap. För övriga delar där ekolodsdata saknades användes ritningar. Dessa georefererades och digitaliserades på samma sätt som mätkartorna.

Nedan redovisas den batymetridata som använts som underlag för terrängmodellen.

2.2.1 Ekolodning

Data från ekolodningar kom från följande källor:

- Sjöfartsverket. Data från sjömätning i Göta älv från 2003. Ca: 36 miljoner mätpunkter från Lärjeån till Väneren. Ekolodning skedde framförallt i farleden.
- Sveriges Geotekniska Institutet. Ca: 1 miljon strandnära mätpunkter.
Mellan Kärra och Älvängen: Östra älvslätten.
Mellan ca: 5 km nedströms Göta till 1 km nedströms Göta: Västra älvslätten.
Mellan 1 km nedströms Göta till ca: 3 km uppströms Lilla Edet: Båda älvslätterna .
Ca 3 km uppströms Lilla Edet till ca: 16 km uppströms Lilla Edet: Västra älvslätten.
- Marin Mätteknik. Ca: 140 000 mätpunkter i Göteborgs hamn från 2002. Utbredning från Göta Älvbron till Lärjeån.
Ca: 55 000 mätpunkter från Vargöns kraftstation och tre kilometer norrut.
Under 2007 utfördes en komplettering med nya mätningar vid Trollhättan, Lödöse, Älvängen samt Kungälv. Antalet mätpunkter var ca 180 000.

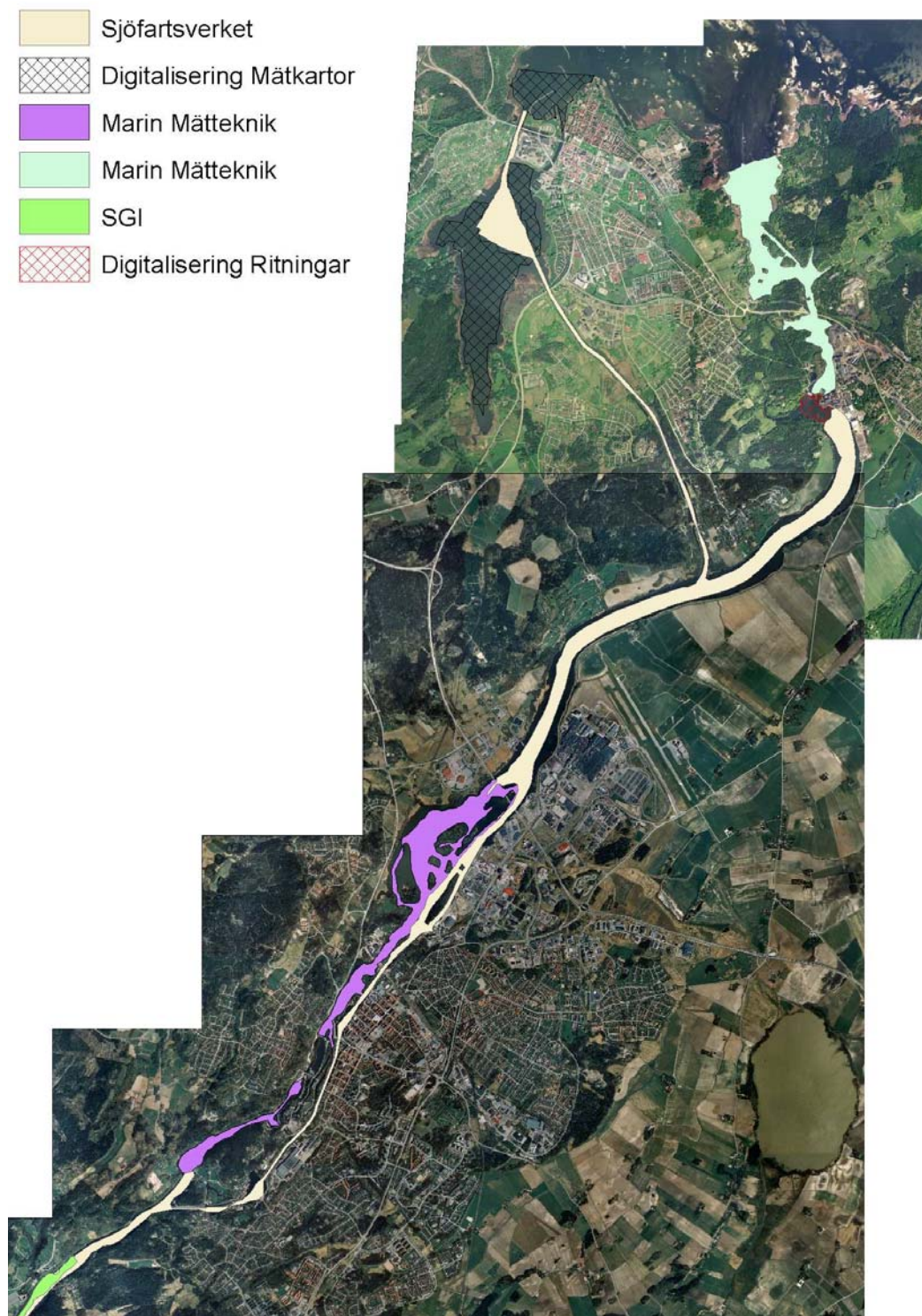
- Marin Miljöanalys. Ca: 1 miljon mätpunkter från 2005 och 2006. Från hamnen i Göta Älvbron till Älvsborgshamnen.

2.2.2 Digitalisering

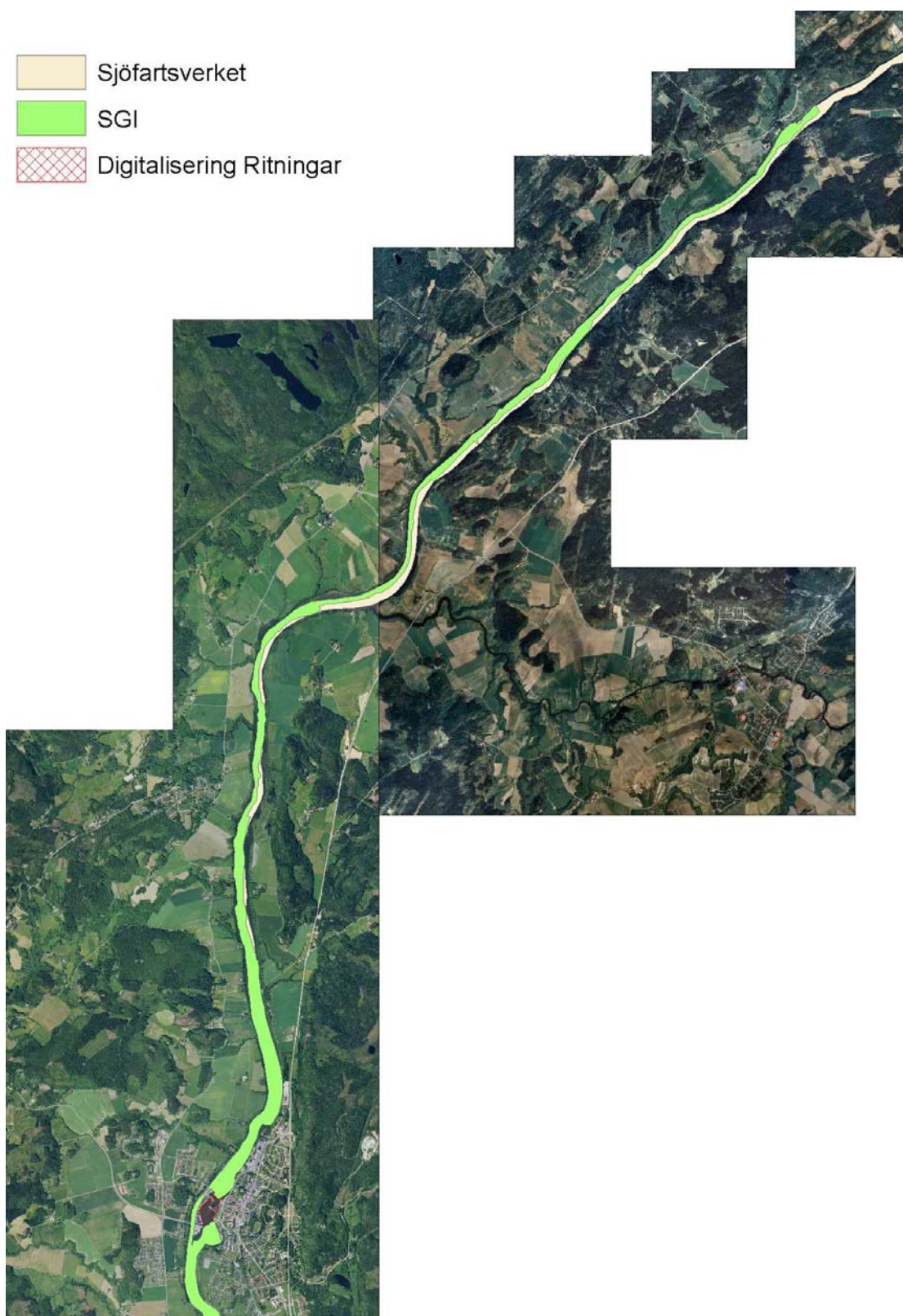
Underlag för vektorisering av bottennivåkurvor:

- Lilla Edets kraftstation. Plan med bottennivåer nedströms stationen. Skala 1:1000. Ritn.nr: 1-906515. Dat.1976-01-20.
- Vänerns reglering. Nivå- och borrhingskarta över platsen för damm och kraftstation vid Vargön. Skala 1:500. Ritn.nr: 431316
- Nivåkarta över platsen för regleringsdamm och kraftstation vid Vargön. Skala 1:500. Ritn.nr: 44794
- Vänerns reglering. Åtgärder vid Flottbergsströmmen. Skala 1:500. Ritn.nr: 48362a. (Används ej vid generering av terrängmodell då en ny ekolodning genomfördes).
- Nordre älv och delar av Vänersborgsviken. Gamla mätkartor från 1950 respektive 1912.

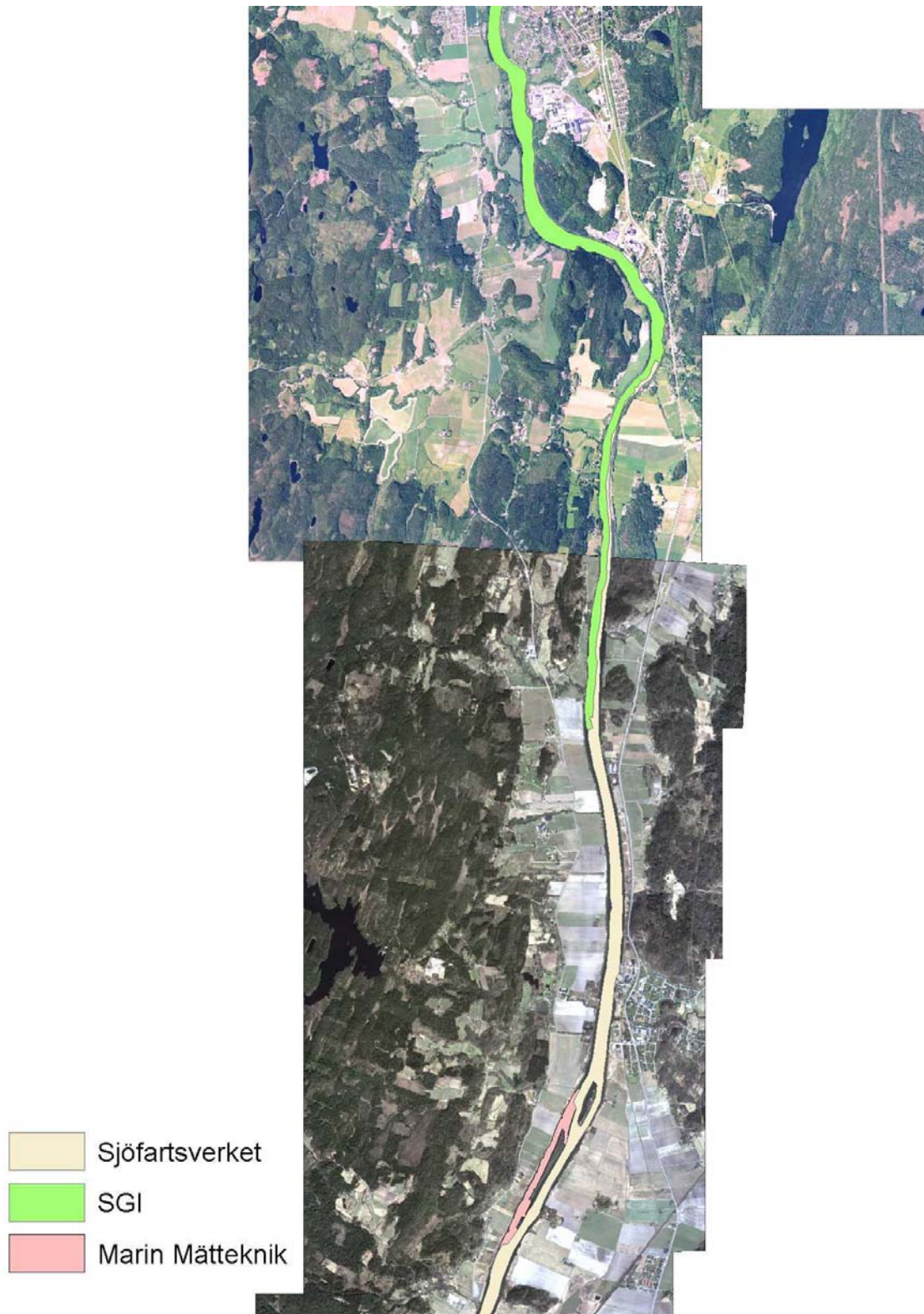
Den geografiska utbredningen på befintlig djupdata redovisas nedan med ortofoto som underlag. Observera att inga data finns över södra delarna av Göteborgs hamn och att terrängmodellen där i stället återger en tänkt vattenyta.



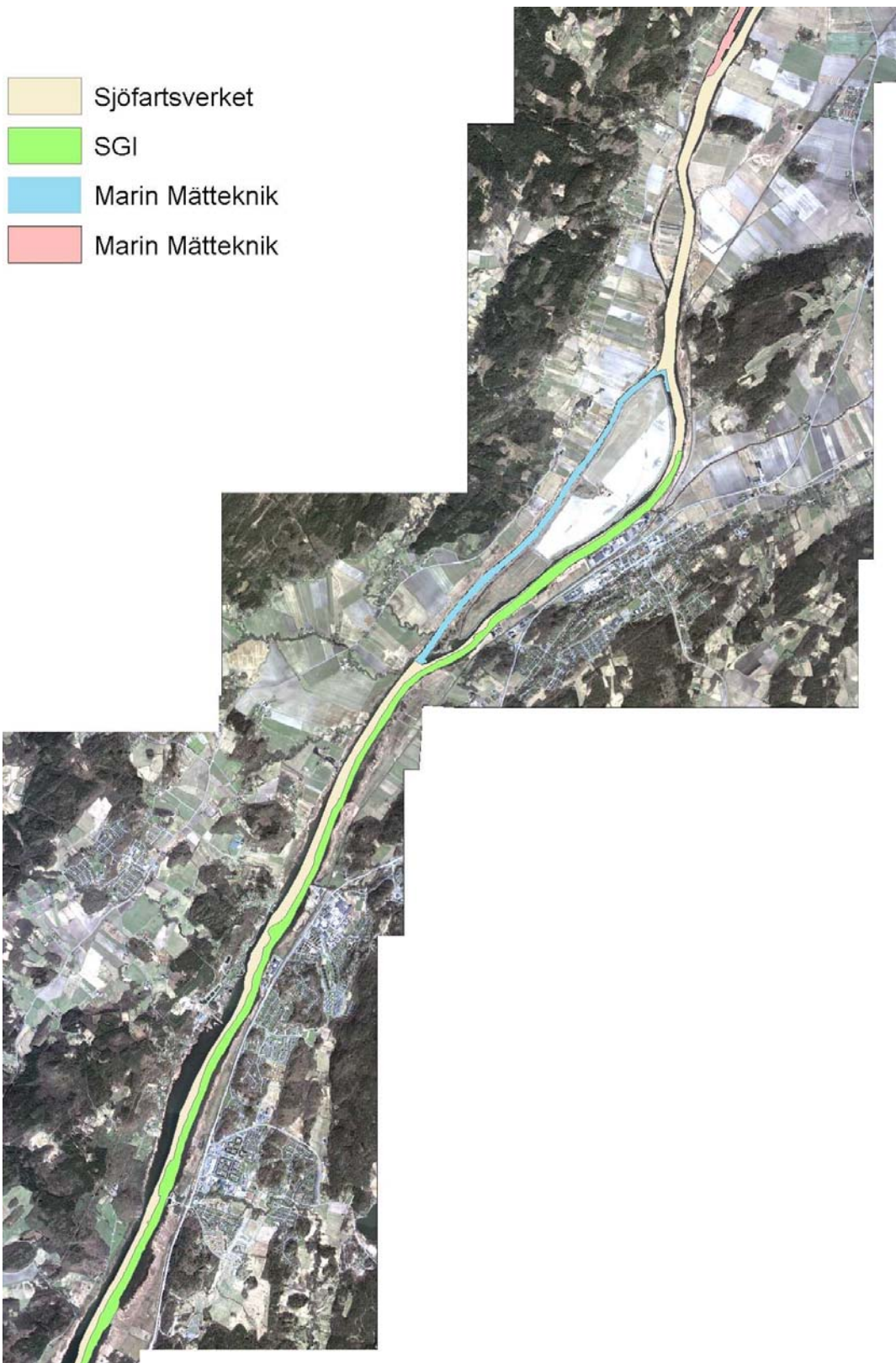
Figur 2. Ortofoto med befintliga djupdata inritat.



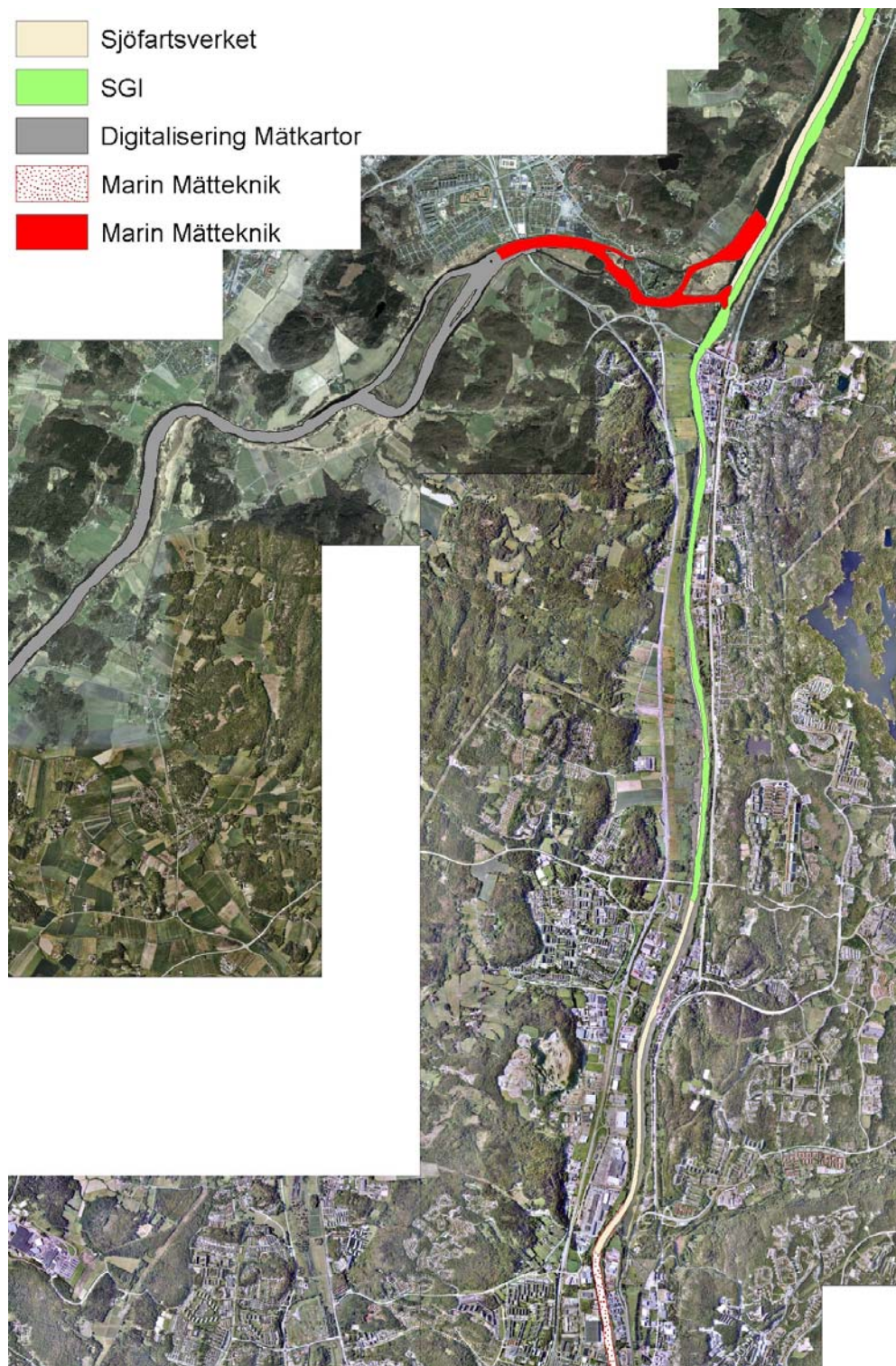
Figur 3. Ortofoto med befintliga djupdata inritat.



Figur 4. Ortofoto med befintliga djupdata inritat.



Figur 5. Ortofoto med befintliga djupdata inritat.

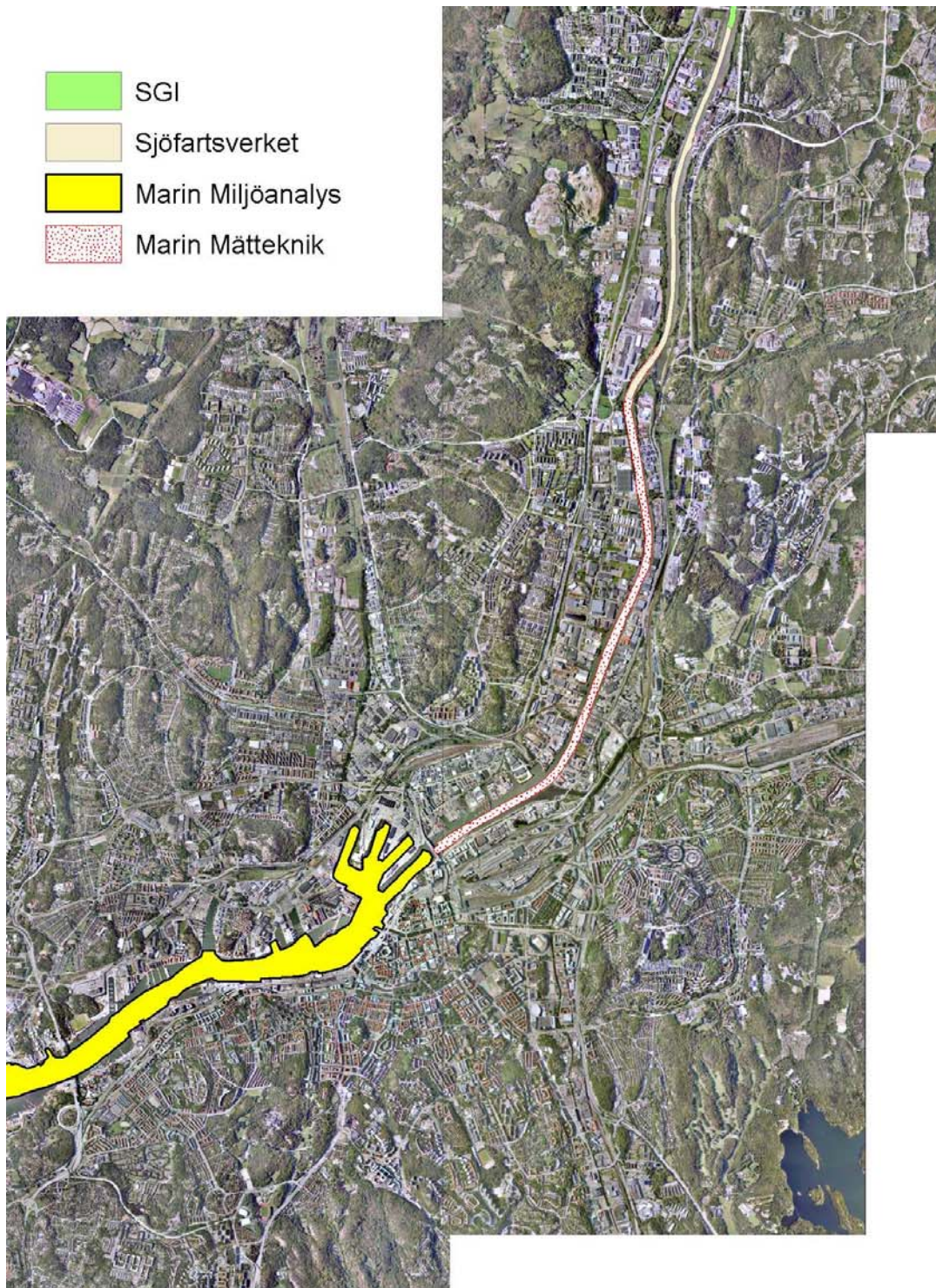


Figur 6. Ortofoto med befintliga djupdata inritat.

■ Digitalisering Mätkartor

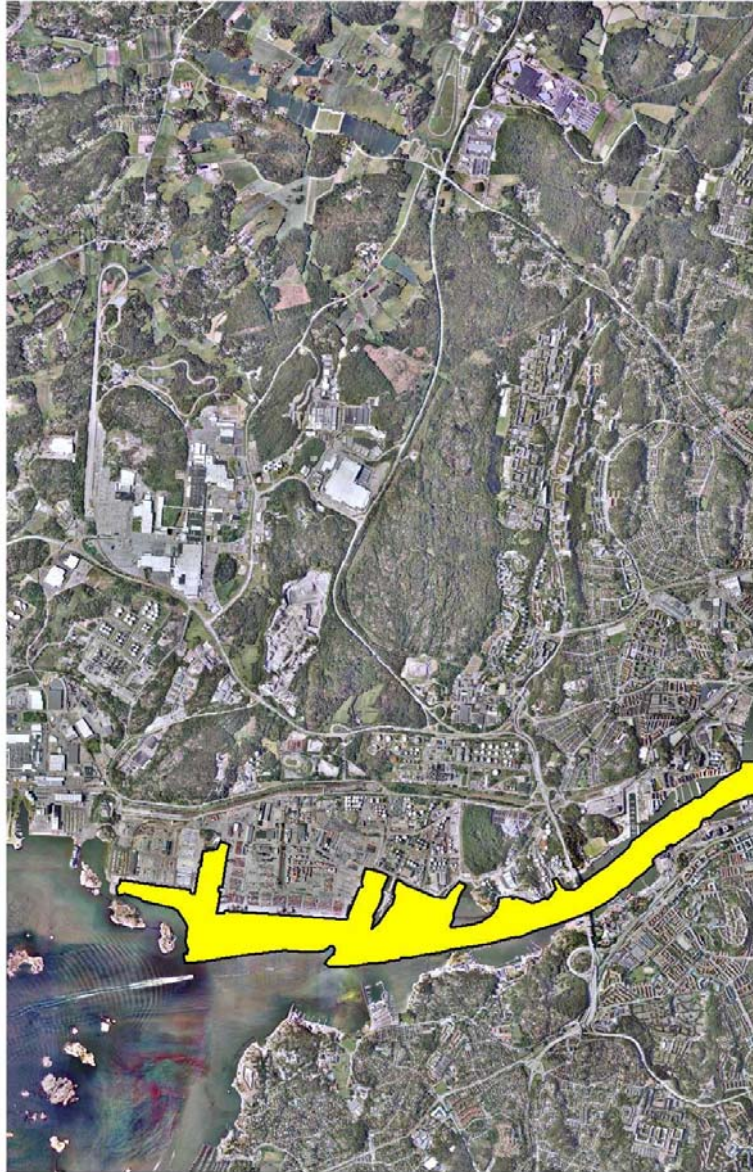


Figur 7. Ortofoto med befintliga djupdata inritat.



Figur 8. Ortofoto med befintliga djupdata inritat.

 Marin Miljöanalys



Figur 9. Ortofoto med befintliga djupdata inritat

2.3 Ortofoton

Ortofotona som använts för att presentera vattenutbredningsskikten kommer från de kommuner som finns inom projektområdet. Bilderna är tagna vid olika tillfällen och från olika flyghöjd.

Samtliga bilder är färgbilder. Fördelen med färgbilder - jämfört med svartvita - är att de är lättare att tolka och orientera sig i för ovana flygbildstolkare. De bedömdes därför vara mycket lämpade t ex för beredningsplanering där ortofoton använts som bakgrund för relativt ovana användare.

Nedan redovisas information om ortofotona för varje kommun.

Område:

Ortofotona täcker relevanta delar av älv och strandområden utefter Göta- och Nordre älv.

	Flyghöjd	Tidpunkt
Vänersborgs kommun	2300 meter samt 4600 meter.	2003
Trollhättans kommun	2300 meter samt 4600 meter.	1999, 2001
Lilla Edets kommun	4600 meter.	2005
Ale kommun	2300 meter.	2003
Kungälv kommun	4600 meter.	2005
Göteborgs kommun	2000 meter.	2004, 2005

Tabell 1. Flyghöjd och tidpunkt för ortofoton.

2.4 Kvalitetsmärkning av terrängmodell

Vattenfall Power Consultant följer de rekommendationer som finns i handbok till mätningsskugörelsen HMK i tillämpliga delar. Vattenfall Power Consultant bedriver sedan flera år tillbaka ett målmedvetet kvalitetsarbete med kvalitetsuppföljningssystem. För höjdmodellering följer Vattenfall Power Consultant kvalitetskraven i SIS/TS 21144:2004. Kvalitetsmärkningen nedan är enligt denna.

Kvalitetsmärkning

Modell: Göta Älv – 2006/2007

Modellen utgör total modell utan delmodeller

Framställd: Januari 2007 till november 2007 av Vattenfall Power Consultant AB / T Hedvall

Modell storlek: 30 000 ha. Medelpunkttäthet: 10 000 pkt./ha, mycket detaljrik.

Innehåll: 1bf / Ts1 / J1a. Åkermark med buskage och gles vegetation med plan jämn markyta.

Fullständighet: Modellen täcker alla objekt som påverkar höjdrelationer.

Framställning: Flygburen laserskanning, ekolodning samt digitalisering

Koordinatsystem: RT90 2.5 gon V 0:-15 Höjdsystem: RH 70

Medelavvikelse: + 0.20 meter.

3 BESKRIVNING AV ARBETSSÄTT

3.1 Höjdmmodell

Höjdmmodellerna är framställda på uppdrag av Vattenfall, Sjöfartsverket och Svenska Kraftnät i syfte att användas som ett underlag i arbetet med samordnad beredningsplanering för dammbrott i Göta Älv. Höjdmodellen är genererad utifrån flygburen laserskanning där flyghöjden var 1000 meter, ekolodning och digitalisering av kartmaterial. Laserskanning valdes som insamlingsmetod av markytan då terrängen kring Göta Älv är förhållandevis flack och därför kräver en hög precision i höjddled.

Höjdmodellen är primärt avsedd att användas som underlag till indata i den hydrauliska modellen. Höjdmodellen består av höjdpunkter utlagda i ett regelbundet kvadratisk rutnät (grid) orienterat efter koordinatsystemets axlar. För detta projekt har punktavståndet valts till 1 meter.

Höjdmodellen är framställd av Vattenfall Power Consultant AB under 2007. Framställningen av höjdmmodellerna redovisas nedan.

3.1.1 Metod

1. Skanning av området. Området laserskannades av COWI AB i maj 2006 med satellitpositionering (GPS) och tröghetsnavigering.
2. Förprocessering av data. COWI AB utförde stråkutjämnning och planinpassning av data. Vidare klassades data till markpunkter och de punkter som tillhörde klassen "mark" levererades till Vattenfall Power Consultant i koordinatsystemet RT90 2.5 gon V 0:-15 och höjdsystem RH 70.
3. Data kvalitetskontrolleras. Vattenfall Power Consultant utförde kvalitetskontroll av data och fastslog att leverans skett enligt den täckning som avsågs, att antalet punkter låg mellan 1-2 punkter per kvadratmeter och att noggrannheten i höjd var bättre än det angivna 0.3 meter
4. Processering av data. Antalet punkter som levererades från COWI AB uppgick till ca: 255 miljoner. Dessa punkter lästes in i programvarorna Terra Scan och Terra Model (program för bearbetning av laserdata kopplat till Cad programmet Microstation, www.terrasolid.fi). Där avlägsnades alla punkter som träffat vattnet och felaktiga markpunkter togs bort. En punktreducering genomfördes för att underlätta trianguleringen av data utan att försämra höjdmodellens noggrannhet märkbart.
5. Laserdata integrerades med ekolodsdata. Data från ekolodningen lästes in i Terra Scan tillsammans med ekolodsdata (se figur 10). Där triangulerades punkterna och exporterades som Griddata till programvaran Erdas Imagine (GIS och fjärranalysprogram, www.gi.leica-geosystems.com). Gridstorleken sattes till 1*1 meter. Områden som inte hade några punktträffar från laser eller ekolodsdata inom ett större område än 35 m * 35 m exkluderades.
6. Interpolering av utelämnade områden. Större delen av de områden som inte hade några punktdata inom 35 meter var i de grunda delarna av älven där ingen ekolodning skett och där laserdata saknades. Även områden i terrängen där större byggnader fanns med ingick. Områdena interpolerades ett och ett genom avståndsviktad medelvärdesinterpolering enligt:

$$z(x_p) = \frac{\sum_{i=1}^n z(x_i) \cdot \frac{1}{d^k}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d^k}}$$

där

$z(x_p)$ är det interpolerade värdet

n är antalet punkter

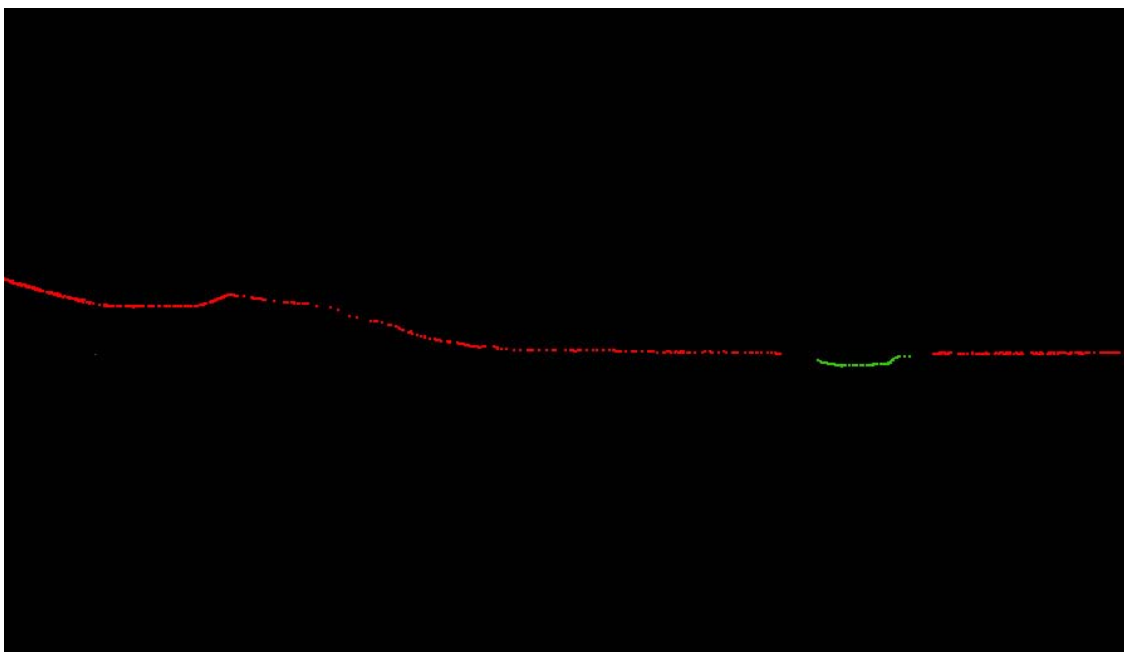
$z(x_i)$ är värdet för punkt i

d är avståndet från den skattade punkten i till grannpunkten p

k är en viktningsexponent

Avståndsviktad medelvärdesinterpolering som är en lämplig metod då antalet närliggande mätpunkter är många har använts av Vattenfall Power Consultant i ett flertal projekt där höjdmodellgenerering varit aktuellt.

7. Filtrering av Griddata. För att underlätta beräkningarna i den hydrauliska modellen och få höjdmodellen lite "mjukare" medelvärdesfiltrerades griddata i Erdas Imagine. Filterfönstret sattes till 5*5 pixlar.



Figur 10. Figuren visar en sektion av punktdata. Laserdata visas i röd färg och ekolodsdata visas med grön färg.

3.2 Ortofoton

3.2.1 Metod

Samtliga flygbilder mosaikades ihop kommun för kommun. Därefter omsamlades bilderna till en enhetlig upplösning på 0.5 meter. En omprojicering till plansystem RT90 2.5 gon V 0:-15 utfördes också på de bilder som inte hade rätt projektion. De ihopmosaikade bilderna konverterades sedan till MrSID-format för att reducera storleken på bilderna och på så vis spara datautrymme.

4 RESULTAT

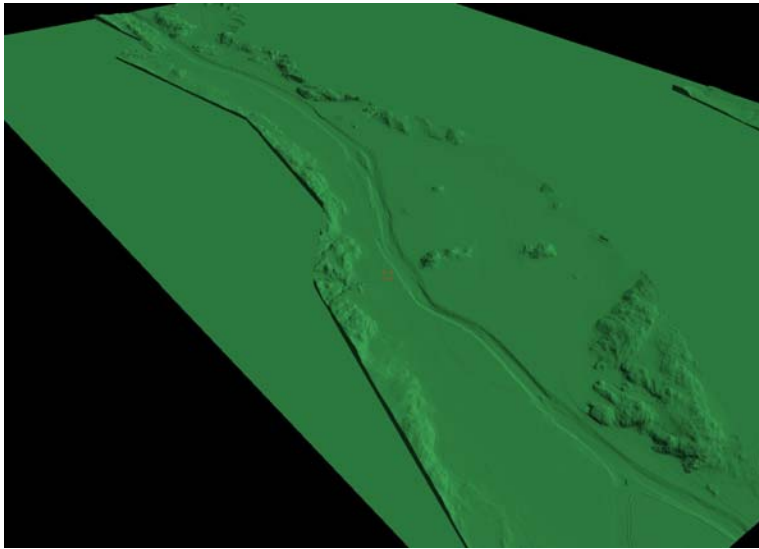
Resultatet av terrängmodelleringen är en terrängmodell över Göta Älv och markområden i dess närhet från Vänersborg i södra Vänern till Göta Älvs utlopp i väster. Dessutom disponerar projektet också ortofoton i färg över samma områden där bilderna har anpassats i enighet med projektets behov.

Objekt	Källa	Upplösning	Noggrannhet
Ortofoto	Flygfoto	0.5 m (pixel)	
Höjdmodell	Laserskanning	1 m (pixel)	0.2 m (z)
Bottentopografi	Ekolodning	1 m (pixel)	
	Sektioner		
	Sjökartor		

Tabell 2. Tabellen redogör för genererade objekts attribut.

4.1 Höjdmodell

Ett utsnitt av höjdmodelleringen redovisas i figur 11. Höjdmodellen består av ett raster (1x1 meters pixlar) med ett höjdvärde varje meter.



Figur 11. Del av den slutgiltiga höjdmodellen där laser och ekolodsdata sammanfogats, interpolerats och filtrerats.

4.2 Ortofoton

En del av resultaten av ortofotomosaiken redovisas i figur 12. Ortofotona består av ett raster med 0.5 x 0.5 meters pixlar i färg.



Figur 12. Figuren visar ett ortofoto över Vargön.

4.3 Noggrannhetsklassning

För de slutgiltiga höjdmodellerna bedömer vi att mätpunkterna har ett medelfel på ca 0.2 meter.

Noggrannhetsklassning: Enligt Teknisk specifikation SIS/TS 21144:2004, klass 5, Max medelavvikelse i meter: 0.2 meter, Användningsområde: Översiktlig projektering i jämn terräng.

Leverans: Terrängmodellen levereras som grid och ortofotona levereras i digitalt TIF- och MrSID- format.

5 FÖRVALTNING

Terrängmodellen och ortofoton förvaltas av konsulten under 10 års tid och skall kunna levereras till beställare om denne så kräver.