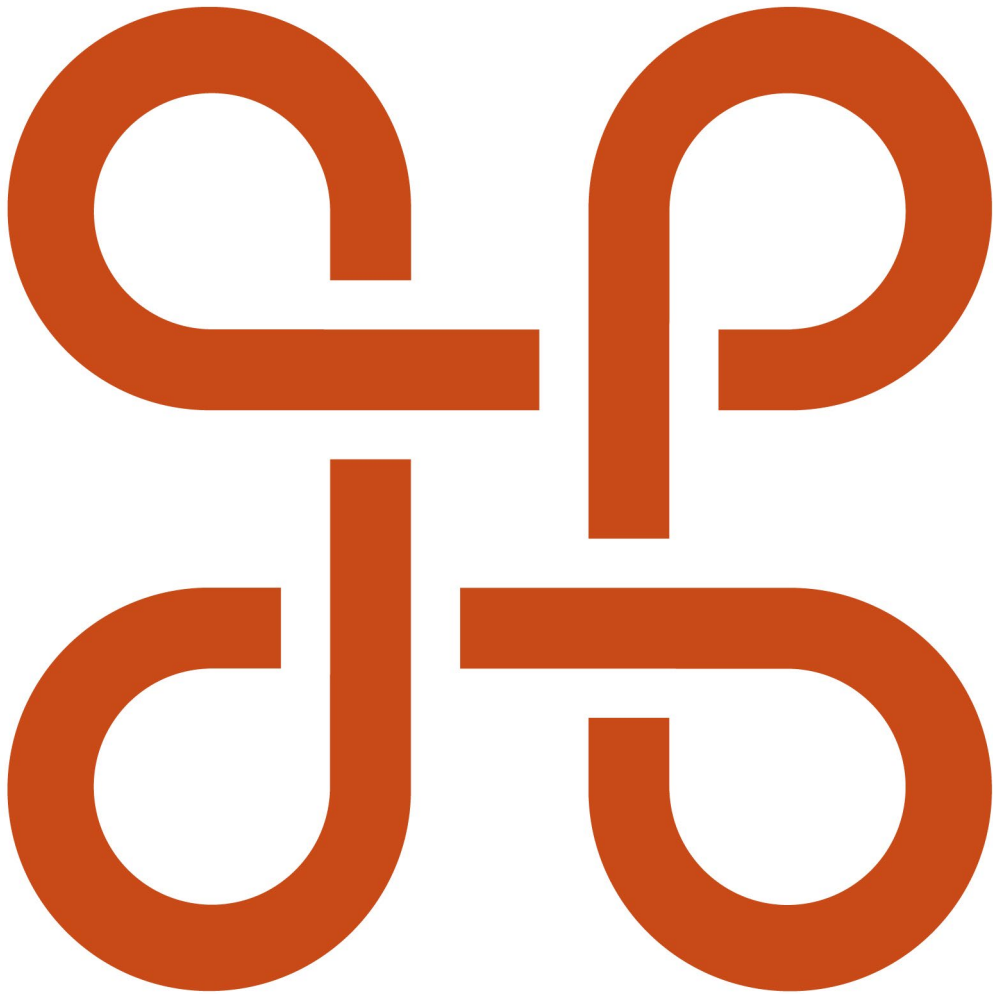


# 3D-digitalisering

En förstudie



RIKSANTIKVARIEÄMBETET

Riksantikvarieämbetet  
Box 1114, 621 22 Visby  
Tel 08-5191 80 00  
[www.raa.se](http://www.raa.se)  
[registrator@raa.se](mailto:registrator@raa.se)

Riksantikvarieämbetet 2023  
3D-digitalisering: En förstudie  
Författare kapitel 3 samt bilaga 4 och 5: Thomas Hageus.  
Text: Ingen upphovsrätt  
Bilder och illustrationer: Creative Commons licens CC BY där inget annat anges.  
Villkor på <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.sv>

# Innehåll

<b>1. Inledning.....</b>	<b>4</b>
1.1 Bakgrund.....	4
1.2 Syfte och målsättning .....	5
1.3 Genomförande .....	5
1.4 Resultat och sammanställning .....	6
<b>2. Analys.....</b>	<b>7</b>
2.1 Kunskapsläget.....	7
2.2 Typer av aktörer .....	7
2.3 Urval och värdering av objekt .....	8
2.4 Representativitet .....	8
<b>3. Tekniska förutsättningar .....</b>	<b>9</b>
3.1 EU-rekommendationer .....	9
3.2 Metoder och tekniker .....	9
3.3 Rekonstruktion .....	11
3.4 Tekniska kravspecifikationer.....	12
3.5 Kompetensprofiler .....	16
3.6 Kompetenskartläggning.....	18
3.7 Övrigt.....	18
<b>4. Slutsatser .....</b>	<b>20</b>
<b>Bilagor .....</b>	<b>21</b>

# 1. Inledning

EU:s rekommendation för digitalt kulturarv från 2011 uppdaterades 2021.<sup>1</sup> Bland nyheterna utmärkte sig behovet av 3D-digitalisering. Detta är rapporten från en förstudie kring 3D-dokumentation av monument och byggnader.

Förstudiens grundläggande fråga handlar om hur många objekt i kategorin monument och fasta kulturarv som ska 3D-dokumenteras i Sverige och inom vilka tidsramar. Redan om tre år (2025) förväntas 40 procent av allt riskutsatt kulturarv och ca 25 procent av det mest besökta kulturarvet vara digitaliserat. Frågan behöver samordnas med bland annat Statens fastighetsverk och regionala aktörer.

För att förstå de grundläggande behoven avsåg Riksantikvarieämbetet att kartlägga de tekniska förutsättningarna för 3D-digitalisering samt utreda vilka förvaltningsobjekt som ska definieras som riskutsatta och mest besökta. Dessa två delar hålls samman i ett projekt kallat *Projekt förstudie 3D-digitalisering*, som drivs inom ramarna för programmet *Museernas digitala transformation*.

## 1.1 Bakgrund

I den uppdaterade rekommendationen från EU-kommissionen för digitalisering av kulturarvet, från 2021, har behovet av 3D-dokumentation av kulturhistoriskt värdefulla byggnader och monument införts. Orsakerna till detta är bland annat förstörelsen av Palmyra i Syrien 2015 och branden i Notre Dame i Paris 2019.

Riksantikvarieämbetet har ett samordningsuppdrag från regeringen rörande digitalisering av ABM-sektorn, och har inom ramarna för detta uppdrag genomfört denna förstudie kring hur 3D-dokumentation skulle kunna genomföras.

Formuleringen från 2021 års rekommendationer från EU-kommissionen lyder:

*The digital strategy should set clear digitisation and digital preservation goals. Those goals should be based on objective and clear criteria, including:*

- (a) cultural heritage at risk,*
- (b) the most physically visited cultural and heritage monuments, buildings and sites and*

---

<sup>1</sup> European Commission. 2021. *Commission recommendation of 10.11.2021 on a common European data space for cultural heritage*. C(2021) 7953. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/commission-proposes-common-european-data-space-cultural-heritage> (2023-05-09).

*(c) the low level of digitisation for specific categories of cultural heritage assets.*

*By 2030, Member States should digitise in 3D all monuments and sites falling under (a) and 50% of those falling under (b).*

*By 2025, Member States should digitise 40% of the overall 2030 targets.*

*Member States should take the necessary measures to ensure that all digitised cultural assets referred to in point 6 (a), (b) and (c) are also digitally preserved.*

Citat kap. 2, avsnitt 6.

## 1.2 Syfte och målsättning

Syftet med denna förstudie är att förstå de grundläggande behoven och de tekniska förutsättningarna för 3D-digitalisering, samt utreda vilka förvaltningsobjekt som ska definieras som riskutsatta och mest besökta.

Förstudien fick uppdraget att involvera flera olika aktörer, både inom Riksantikvarieämbetet och utanför, och sammanställa ett kunskapsunderlag.

En 3D-konsult har parallellt med detta arbetat med att utreda vad 3D-digitalisering innebär för EU rent tekniskt, ta fram kompetensprofiler för det tekniska arbetet samt ta fram tekniska specifikationer för digitaliseringsarbetet samt för datalagringen.

Målet för hela projektet kan beskrivas utifrån de behov som beskrevs i projektbeställningen: behoven av en definition av riskutsatt kulturarv, en definition av mest besökt kulturarv, en definition av 3D-digitalisering, ett beställningsunderlag för teknisk infrastruktur (t.ex. lagringsplattform), behovet av en lista av förvaltningsobjekt som ska vara digitaliserade innan 2025, samt en lista av förvaltningsobjekt som ska vara digitaliserade innan 2030, samt behovet av kostnadsberäkningar och tidsplan samt kompetensprofil för medverkande.

## 1.3 Genomförande

Inhämtning av information från institutioner som förvaltar byggnader och monument bedömdes som viktigt. Sommaren 2022 färdigställdes en projektbeskrivning och tänkbara medverkande aktörer bjöds in till ett möte i september (bilaga 1). Fyra aktörer tackade ja till inbjudan, varav tre deltog vid denna hearing 2022-09-02: Svenska kyrkan, Hembygdsförbundet samt Nordiska museet. Mötesanteckningarna kan läsas i bilaga 2.

Det bedömdes i detta läge enklare för projektet att vidare kontakta enskilda aktörerna var och en för sig. Under perioden september till december 2022 träffade

förstudiens projektledare företrädare för Fortifikationsverket, Skogsstyrelsen samt Riksantikvarieämbetet (lista över möten och kontaktpersoner enligt bilaga 3). Information har utöver detta meddelats från Statens historiska museer samt Statens fastighetsverk. Berörda aktörer har fått förfrågan om att beskriva sina mest hotade och välbesökta objekt inom projektets uppdrag.

För uppgifter om besöksstatistik kontaktades Myndigheten för kulturanalys. De svarade att de förvisso har information om de svenska museernas besökare, men inte specifikt kring byggnader och monument.

Den tekniska delen av förstudien genomfördes av en underkonsult. Uppdraget var att besvara frågor kring vilken teknisk nivå som behövs för de olika typerna av objekt som ingår i projektet, samt att ge en uppskattning kring hur lång tid det tar att dokumentera dessa. Syftet är att kunna göra en kostnadsberäkning inför en framtida pilotstudie (se kapitel 4).

Under hösten 2022 har projektet, i syfte att sprida mer information kring förstudien, medverkat vid nätverksträffen för Immersiva medier (2022-11-09) samt konferensen Riksantikvarieämbetets höstmöte (2022-11-17).

## 1.4 Resultat och sammanställning

I kontakten med förvaltande institutioner har projektet noterat osäkerhet kring hur begrepp som de ”mest besökta” och ”mest hotade” byggnaderna och monumenten ska tolkas. Detta har i sin tur föranlett viss brokighet i de listor över förslag på objekt som skickats in för att ingå i en initial insats för 3D-dokumentation.

Även om en enskild aktör är sammantaget ansvarig som förvaltare av dokumentationen av sina objekt, är det i själva verket så att de i många fall inte har en sammanställning över vilka objekt som har dokumenterats digitalt, till exempel inom Svenska kyrkan. Projektets bedömning är att orsakerna till detta är att digital dokumentation fortfarande är en teknik i sin linda och att rutiner kring detta nya format ännu inte upprättats på institutionerna.

Det finns även juridiska aspekter som behöver undersökas gällande både upptagningen av informationen (digitaliseringen) och lagringen, men detta har inte ingått i förstudien.

## 2. Analys

I samband med informationsinhämtningen från de medverkande har en stor mängd frågor uppmärksammats som behöver vidare utredning. Frågorna rör både förståelsen för de digitala teknikerna i allmänhet, uppdragets beskaffenhet, det förvaltningstekniska uppdraget samt juridiska aspekter.

### 2.1 Kunskapsläget

Det mest påtagliga resultatet av projektet är konstaterandet av en kunskapsbrist inom sektorn när det gäller 3D-dokumentation. Många av de medverkande institutionerna har pågående försök och tester, och intresset för frågan är mycket stort. Det råder dock viss spretighet i målsättningarna och genomförandet av testerna. I vissa fall är syftet att skapa bättre underlag för ritningar, i andra fall att förmedla byggnader eller monument över internet. En sammanhängande process som effektiviserar flödet från skanning till användning av datan finns inte beskriven eller är bara delvis genomförd.

### 2.2 Typer av aktörer

Det är stor skillnad mellan olika typer av aktörer. Å ena sidan finns de som förvaltar relativt få enskilda objekt, ofta med stort kulturhistoriskt värde, till exempel Riksantikvarieämbetet (Visby ringmur) och Statens historiska museer (Hallwylska palatset samt Skokloster). Å andra sidan finns aktörer med tusentals objekt. Hos Statens fastighetsverk förvaltas byggnader både av stort kulturhistoriskt värde (t.ex. Stockholms slott) och av mindre kulturhistoriskt värde. Hembygdsförbundet förvaltar inga enskilda objekt, men samordnar en stor mängd aktörer som är förvaltare (hembygdsföreningar). Här finns många objekt som representerar en viss typ (t.ex. härbre), men som det finns många enskilda exempel av. Det är dock av vikt att även objekt som det fortfarande finns många bevarade exemplar av dokumenteras på sikt. I vissa fall förefaller aktören i fråga ha ett förvaltningsansvar, men saknar sammanställningar över den digitala dokumentationens status.

Vissa aktörer vill också påtala värdet hos ett visst objekt där de har verksamhet, men som förvaltas av en annan aktör. Till exempel har Statens historiska museer förordat Skokloster, som de bedriver verksamhet i, men som förvaltas av Statens fastighetsverk.

## 2.3 Urval och värdering av objekt

Svårigheter kring frågan om urvalsprinciper för objekt och värdering av begrepp delas i stort sett av samtliga medverkande. Svenska kyrkans svar får här tjänstgöra som exempel på hur problemet ser ut för de flesta:

*Svenska kyrkan förvaltar 2 950 kyrkobyggnader skyddade enligt kulturmiljölagen. Kyrkobyggnaderna har ett generellt skydd för de kulturhistoriska värdena, vilket inbegriper såväl individuella värden som sådana som förknippas med beståndet i sin helhet. Att välja ut tio av de mest besökta och tio av de mest hotade kyrkobyggnaderna kan inte falla tillbaka på någon empiri som är direkt kopplad till besöksstatistik eller en vägning utifrån de olika typer av hot som kan komma i fråga. Att ta in "så många aspekter som möjligt" gör knappast uppgiften enklare.*

*Svenska kyrkans nationella nivå lyfte frågan med stiftens vid det årliga höstsamrådet i oktober 2022. Ett urval utifrån en bedömning av varje enskild kyrkobyggnads kulturhistoriska värden är knappast möjlig utan att noggrant överväga metod och urvalsprinciper. Vi var ändå överens om att det är viktigt för Svenska kyrkan att bidra till projektet i detta "piloturval", även om urvalet av nödvändighet måste falla tillbaka på några hanterbara principer. Det är Svenska kyrkans förhoppning att projektet i sin förlängning kan leda till generell utveckling gällande och dokumentationsmetoder och lagring av digitala data, som brett kan komma förvaltare av kulturegendom till del.*

Många aktörer delar frågeställningarna kring hur man ska tolka frågan, men också förhoppningen om att ändå kunna bidra och delta i en framtida studie.

Det finns också frågor kring avgränsningen av objekt. Ett museum som innehåller en stor mängd kulturhistoriskt värdefulla föremål bör inte ingå. Men ett objekt som Vasaskeppet bör eventuellt ses som monument, snarare än som ett museiobjekt.

Ett förvaltningsobjekt kan i andra fall ha större omfattning än en enskild byggnad, eftersom värdet av en kulturhistorisk byggnad i många fall utgörs av dess historiska kontext. Det kan röra sig om flera sammanhängande byggnader, eller om byggnadskomplex. Utifrån detta perspektiv kan hela byar eller byggnadsmiljöer betraktas som objekt, till exempel kyrkbyar eller försvarshistoriska komplex.

## 2.4 Representativitet

Då en stor mängd aktörer som förvaltar kulturhistoriskt värdefulla byggnader och monument av olika skäl inte blivit kontaktade inom ramarna för förstudien, så förväntas information kring de objekt som bör 3D-dokumenteras att uppdateras även efter avrapportering.



## 3. Tekniska förutsättningar

Denna del i förstudien beskriver de tekniska förutsättningarna för 3D-dokumentation. Den innehåller många branschspecifika termer. En introduktion till terminologin för 3D-dokumentation finns under bilaga 4. Exempelobjekt från kulturarvssektorn och nyckeltal finns under bilaga 5.

### 3.1 EU-rekommendationer

Vad innebär 3D-digitalisering för EU? Denna förstudie tolkar syftet med dessa skanningar som dokumentation om originalet skulle bli förstört.

Svaret baseras till stor del på Europeiska kommissionens rapport om 3D-digitisering.<sup>2</sup> Den innehåller mallar för projektplanering, förklaring av skillnad mellan termerna accuracy och precision, olika skanningstekniker och sensorer m.m. och är väl värd att läsa för den som skall göra en beställning av dokumentation.

Rapporten definierar inte något uttryckligen om vad som krävs för att ett objekt skall anses som 3D-dokumenterat, utan lämnar det öppet för tolkning. De skriver heller inte något om hur många pixlar eller polygoner som rekommenderas utan utgår i stället från vilka detaljer som skall synas i det färdiga resultatet. Om man exempelvis vill ha med detaljer som är tre millimeter stora bör man ha en dokumentation med en millimeters upplösning, och bör då fånga in datan med dubbla den upplösningen, alltså en halv millimeter.

För mer utförliga svar om EU:s ståndpunkt hänvisas till denna rapport.

### 3.2 Metoder och tekniker

Det finns en mängd olika tekniker för att digitisera en byggnad eller fornlämning. Dessa kan användas var för sig eller kombineras för bättre resultat. Här följer en kort genomgång. Först nämns alternativa namn som också används, men som inte nödvändigtvis är synonyma eller korrekta.

---

<sup>2</sup> European Commission. 2022. *Study on quality in 3D digitisation of tangible cultural heritage: mapping parameters, formats, standards, benchmarks, methodologies, and guidelines*. VIGIE 2020/654, Final Study Report. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/study-quality-3d-digitisation-tangible-cultural-heritage> (2023-05-30).

## Totalstation

Takymeter, Geodimeter, Teodolit. För att mäta ut enskilda punkter. Används för att ge kontrollpunkter för ökad noggrannhet. Fotogrammetri kan lätt driva i väg över avstånd och behöver fixeras i rymden, men även en större laserskanning behöver ett kontrollsystem för att verifiera tillförlitligheten.

## GNSS

GPS, GLONASS, RTK, PPK. För georeferering. Antingen som separat mätstav för att sätta ut kontrollpunkter eller monterad på drönare, kamera eller skanner för att referera dess position.

## Areaskanner

Laserskanner, Terrester Laser Skanner – TLS. Den vanligaste tekniken för skanning av stora objekt. En skanner monterad på stativ som skickar ut laserpulser i alla riktningar och mäter tiden det tar ljuset att återvända. Max räckvidd på mellan 70 och 3 000 meter beroende på modell. Skapar ett punktmoln.

## SLAM

Simultaneous Location and Mapping. Mobile Laser Scanning. En laserskanner som förflyttas samtidigt som den skannar vilket ökar hastigheten på insamlingen samt minskar mängden skuggade ytor. Jämfört med stationär skanning blir datan mer brusig samt kan behöva mer hjälp från kontrollpunkter. Senaste åren har denna teknik gått starkt framåt och ökat i kvalitet.

## Fotogrammetri

Fotogrammetri är strikt talat att framställa mätbara foton och behöver inte handla om 3D. Det man syftar på är oftast Structure from Motion, SfM, och Multi View Stereo, MVS, som är de två processer som skapar 3D-modeller från överlappande foton. Kan användas för både centimeterstora föremål och landskap beroende på kamera och objektiv, samt om kameran sitter på ett stativ eller en drönare.

## Strukturerat ljus

SLS, Blue light scanner, White light scanner. En projektor belyser föremålet med ett raster som en kamera läser av. Lämplig för delar som kräver högre detaljnivå.

## Lasertriangulering

Laser belyser föremålet med linjer som en kamera läser av. Lämplig för delar som kräver högre detaljnivå.

## Georadar

Markradar, Ground-Penetrating Radar (GPR). Georadar används främst för att undersöka mark utan att behöva gräva, men kan även användas för att undersöka väggar.

## Magnetometer

För markundersökningar inom arkeologi.

## Multispektralt

Våglängder utanför vad vårt öga kan uppfatta kan användas för att identifiera färglager, pigment med mera. Dessa kan även integreras i en 3D-modell, vilket är relevant när det inte rör sig om en platt tavla utan exempelvis ett bemålat valv.

## Värmekamera

Termisk kamera, Forward Looking infrared (FLIR), infraröd kamera. Den specifika våglängd som är värmestrålning är användbar för att identifiera värmeläckage och andra temperaturskillnader och kan användas som alternativ textur eller punktmolnsfärg.

## 3.3 Rekonstruktion

I texter om 3D-dokumentation nämns ofta att den skall kunna användas vid en återuppbyggnad. Det betyder inte att man tvunget måste återuppbygga ett förlorat kulturarv. Däremot är en rekonstruktion den metod som ställer de högsta kraven på en dokumentation. När rekonstruktionen genomförs som en forskningsmetod och utförs med autentiska metoder och verktyg, ställs under processen ständigt nya frågor till källmaterialet för att kunna göra rätt val. Man upptäcker då snabbt bristerna i befintlig dokumentation och måste söka svaren från andra källor.

Om man utför dokumentationen med utgångspunkten att det skall gå att göra en korrekt rekonstruktion utifrån denna, så är chansen större att man får med allt som behövs.



Kontroll så behugningen har samma karakteristiska in- och utbuktningar som originalet. Södra Råda gamla kyrka. Foto: Thomas Hagaeus.

### 3.4 Tekniska kravspecifikationer

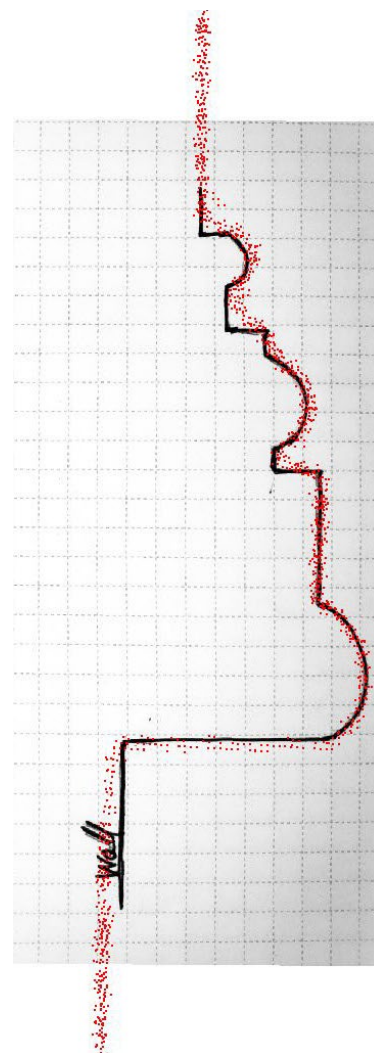
Redan idag skannas en hel del av kulturarvet, men sällan till dokumentationsnivåer. Vad som anses som tillräcklig dokumentation skiljer sig också mellan olika yrkesgrupper. Många skanningar görs för förvaltningssyften och då räcker det med ganska enkla modeller. En arkitekt som ska göra en ombyggnadsritning behöver inte veta om en bräda är handhyvlad eller maskinhyvlad, men för en antikvarisk bedömning är det avgörande, och en hantverkare som skall återskapa en förlorad byggnad behöver se på vibrationsspåren för att kunna veta om det är gjort med pjål i färskt virke eller med hyvel i torrt. En byggnad behöver heller inte dokumenteras med samma noggrannhet överallt. Stora salen är vanligtvis mer intressant än guidernas fikarum med vävtapet, och en KC-puts från 1990 behöver inte lika mycket uppmärksamhet som en bevarad medeltida kalkputs.

Det är därför väldigt viktigt att man som beställare tydligt kan uttrycka vad man är ute efter för resultat då utförarna vanligtvis arbetar efter helt andra kravställningar.

Vissa detaljer kan även behöva dokumenteras i ord eller manuellt. Även dofter och ljud kan vara viktiga i vissa sammanhang.

### HMK – Handbok i mät- och kartfrågor

För tillförlitligheten i mätning så har Lantmäteriet gett ut ett antal handböcker för olika tekniker som kan vara bra känna till:



Dörrfoder. RTC360 laserskanner (röd) vs profilkam (svart). Bild: Silvio Stoian, RC Monkeys.

### *Fotogrammetrisk detaljmätning, 2017*

Denna tar endast upp fotogrammetri för kartbilder och dylikt och har ganska liten relevans förutom för större anläggningar som parker, gravfält och fångstsystem. Sättet att kravställa kan dock ändå vara intressant.

[https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/hmk\\_fotogrammetrisk\\_detaljmätning\\_2017.pdf](https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/hmk_fotogrammetrisk_detaljmätning_2017.pdf) (2023-05-30).

### *Terrester laserskanning, 2021*

Det mesta i denna är relevant för 3D-dokumentation.

[https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/hmk-terlas\\_2021.pdf](https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/hmk-terlas_2021.pdf) (2023-05-30).

### *GNSS baserad detaljmätning, 2020*

Allt relevant om satellitbaserad mätning.

<https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/gnss-baserad-detaljmätning-2020.pdf> (2023-05-30).

### *Terrester detaljmätning, 2021*

Om totalstationer m.m.

<https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/hmk/handbocker/terrester-detaljmätning-2020.pdf> (2023-05-30).

## **Färgkalibrering**

Det bör anges vilken utrustning och metod som används för färgkalibrering, som exempelvis gråkort och färgkarta, och hur detta sedan processas. Att kalibrera ingående foton ger inte automatiskt en kalibrerad modell och arbetsflöde för färgkalibrering av 3D-modeller är ett område som fortfarande utforskas. Ett bemålat barocktak kan vara intressantare att få mer korrekt än ett enkelt uthus, så nivån bestäms för varje enskilt objekt.

## **Upplösning**

Upplösning kan syfta på olika saker och det är väldigt subjektivt vad som är hög eller låg upplösning beroende på tillämpning. När det gäller bilder och texturer handlar det om hur många pixlar det skall finnas, totalt eller per enhet. Man kan också syfta på upplösning av geometrin i form av mängden punkter eller polygoner. Att kommunicera upplösningar kan vara svårt även för utföraren då man inte vet komplexiteten innan skanning. Det är därför bra att följa rekommendationen att utgå från de detaljer som skall fångas och låta det styra. Några begrepp är dock bra att känna till.

### *Punktäthet*

Ett punktmoln brukar först rensas på dubblettpunkter och brus. Utöver det brukar man även decimera ned det för att det ska bli mer lätthanterligt och anger då det minsta avstånd som två punkter skall ha ifrån varandra. Vanligt är från 3 till 6 mm. Detta är oftast allt för lågt för dokumentationssyften.



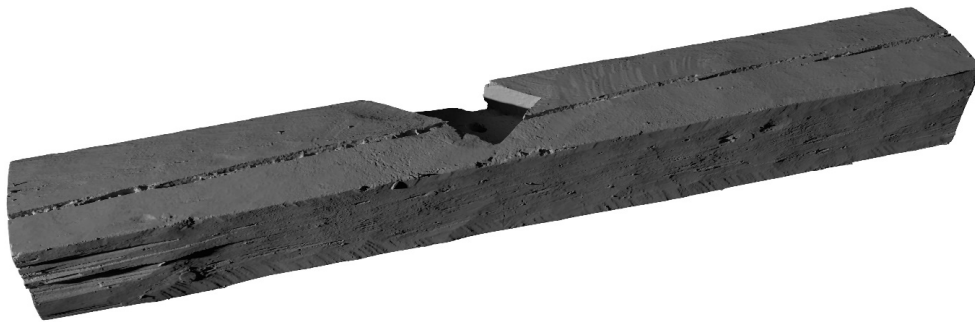
Skylt dokumenterad med 5mm punkttäthet. Från Navvis exempeldata.

### *Polycount*

En mesh är mer adaptiv än ett punktmoln och kan ha väldigt stora polygoner på plana ytor utan att det påverkar kvaliteten negativt. Det är därför väldigt svårt att definiera antal polygoner i en beställning. För att veta om det blir hanterligt kan man lite grovt säga att en medelbra dator kan hantera en fil med 10 miljoner polygoner, en speldator 30 miljoner och en arbetsstation 100 miljoner. Stora objekt kan delas upp i flera filer.

### *Ground Sampling Distance (GSD)*

GSD är ett begrepp för att ange upplösningen på foton och texturer och mycket användbart vid fotogrammetri. Om det fotograferas på ett visst avstånd, med en viss brännvidd, täcker bilden en given yta av målet. Dela bredden eller höjden med antal pixlar på sensorn för att räkna ut hur stor en pixel blir i verkligheten. På drönarfoton över stora områden kan GSD vara två centimeter per pixel medan mindre föremål kan ha 0,02 mm/px. Vill man kunna se ett blyertsstreck tydligt behövs en GSD på ungefär 0,2 mm/px i den färdiga modellen.



Detalj från Gökhemskyrka med synliga huggmärken från tillverkningen. Bild: Thomas Hagaeus.

## **Georeferering**

Enstaka enklare byggnader kan ha en enkel koordinat för angivelse av placering. Detta gäller speciellt timmerhus som ofta är flyttade minst en gång under sin levnadstid.

Mer komplexa byggnader, såsom slottsanläggningar eller kyrkogårdar, bör vara georefererade så att de hamnar rätt inbördes. Eftersom många 3D-mjukvaror har svårt att hantera långa koordinater bör de vara transformerade till ett lokalt euklidiskt koordinatsystem (Vertical structures). Transformationsmatrisen skall anges i metadatan tillsammans med vilket nationellt system som använts vid georefereringen samt tidpunkt för denna. Se *HMK Terrester laserskanning* för mer detaljer (s. 13 ovan).

Origo bör placeras på ett lämpligt ställe för hela anläggningen även om man börjar med att skanna en mindre byggnad först. Exempelvis om en flygel skannas så bör origo placeras så att huvudbyggnaden hamnar centrerat ifall den skannas vid ett senare tillfälle. För BIM-modeller placeras origo oftast i ena hörnet av byggnaden så alla koordinater är positiva.

För att kunna övervaka rörelser i en byggnad behövs fasta mätpunkter i till exempel berg.

## Arkivering

I princip kan man fånga in datan och sedan låta bli att processa den, men man vet då inte om skanningen var lyckad. Datat kan även bli daterat och oanvändbar. Även processad data kan bli daterat om den inte exporteras i öppna filformat. Minimum är alltså att det görs en högupplöst export. Stora projekt kan däremot bli så stora att de inte ens går att öppna och då måste man dela upp den i mindre filer, men i samma koordinatsystem, såsom byggnader, våningsplan eller rum. Man kan då välja att öppna bara de delar man vill titta på just då. Man kan även dela upp skulpturer eller andra detaljerade objekt i separata filer. Räkna med att denna efterbearbetning tar en hel del tid.

Det rekommenderas också att exportera ut en lågupplöst version som man enkelt kan öppna för att få en överblick.

I rekommendationerna från EU nämns dock bara själva dokumentationen, men om man ändå tar kostnaden att göra en skanning kan man passa på att använda den till andra ändamål, såsom förvaltning, tillgänglighetsförande, visualiseringar med mera.

För att uppfylla EU-rekommendationerna räcker det att lagra på en hårddisk som låses in på ett säkert ställe. Det innebär dock stora administrativa kostnader så fort någon vill titta på filen.

De objekt som faller under arkeologin, såsom fornlämningar, bör integreras i arbetet inom SveDigArk ([swedigarch.se](http://swedigarch.se)). En del av den teknik och infrastruktur som tas fram där kan även komma andra objekt till nytta.



I Bebyggelseregistret, <https://www.raa.se/hitta-information/bebyggelseregistret-bebr/>, finns information om det byggda kulturarvet. Riksantikvarieämbetet håller under 2020–2024 på att utveckla ett nytt tillgängligt, användbart och tillförlitligt bebyggelseregister, <https://www.raa.se/hitta-information/bebyggelseregistret-bebr/bebyggelseinformationsprojektet/>. Önskemål har framförts om att det nya Bebyggelseregistret ska stödja 3D-modeller, vilket kan vara värt att bevaka.

Tänk på att modellerna kan innehålla känsliga uppgifter både angående integritet och säkerhet. Modeller som skall publiceras offentligt bör städas innan.

### *Filformat*

Mjukvara kan ofta spara i olika filformat, men vissa filformat kan bara öppnas av vissa program. Många har sitt eget proprietära filformat som bara fungerar till just den mjukvaran. Det är viktigt att filformaten vi arkiverar i är läsbara i framtiden. Då bör man hålla sig till öppna format i ASCII version (till skillnad från binära) som är tillgängliga för alla. I värsta fall går det då att skriva en ny mjukvara för att läsa filerna. Detta är också för att hålla sig till FAIR-principerna.

Vanligt accepterade filformat:

2D – JPG, TIFF, GeoTIFF, DNG, SVG

3D CAD – DXF, IFC

3D mesh – OBJ, 3MF

3D punktmoln – LAS/LAZ, E57, PTX

Om BIM-modell görs behöver den sparas som IFC4 eller högre, då tidigare versioner inte stöder georeferering.

## **3.5 Kompetensprofiler**

Vilken kompetens behövs egentligen för en 3D-dokumentation? Det självklara valet när man skall dokumentera en kulturhistorisk byggnad är att kontakta en antikvarie. Skall man dokumentera i 3D så kontaktar man oftast endast en mätkonsult. Mätkonsulter har definitivt den bästa kompetensen på mätning, men oftast ingen antikvarisk kompetens alls. Så varför utelämnas antikvarien? Det är viktigt att tänka på att det är en dokumentation och inte bara en skanning. Även



Dalslandsskiffer, matcap. Bild: Thomas Hagaeus.



andra nyckelpersoner som kan byggnaden i fråga är viktiga att få med.

Både antikvarier och arkeologer är dock ganska mycket generalister och det är alltid bra att ha med en specialist på det aktuella ämnet. Dokumenterar man en kalkugn kan en putsexpert vara värdefull. Inventerar man ett taklag är en timmerman behjälplig. Goda exempel är de stiftsinitiativ där antikvarier och timmermän tillsammans inventerat medeltida kyrktaklag och upptäckt mängder av ny information samt feldateringar.

Traditionell uppmätning förespråkas ibland framför skanning med motiveringen att man upptäcker så mycket mer när man klättrar runt på byggnaden och tar mått och verkligen tittar på varje del. Det ligger definitivt sanning i detta, men beroende på skanningsteknik så kan det vara ganska mycket handpåläggning även där. Framför allt med fotogrammetri, där man måste se till att fånga varje kvadratcentimeter på bild. Men även i efterbearbetningen kan man upptäcka detaljer som inte är uppenbara för blotta ögat i ofta ganska mörka utrymmen. Det är därför önskvärt att ha med specialkompetensen i så stor del av processen som möjligt.

Mätfirmor är vana att skanna med syfte att göra ritningar och då behövs inte samma detaljering som vid dokumentation. Det är därför mycket viktigt att vara tydlig i beställningen så att man inte får en offert och en mätning som inte uppfyller kraven. Exempelvis skannas allting oftast bara från ögonhöjd vilket innebär att allt nedanför med nedåtriktade horisontella ytor samt allt ovanför med uppåtriktade ytor inte blir skannade. Mittelband och taklister blir därför inkompleta. Även hur tätt man ställer upp sina positioner skiljer. För en dokumentation kan det lätt bli dubbelt eller tredubbelt så många skanningspositioner jämfört med en vanlig standardskanning.



Skannad endast från ögonhöjd. Saknad data på ovansida kakelugn och listverk. Tottieska malmgården, Skansen. Bild: Thomas Hageus.

Vissa SLAM-baserade (mobila) skannrar exporterar heller inte högre punkttäthet än 5 mm, vilket är för lågt för att få fram detaljer.

Företag som skannar för film och spelgrafik är oftast närmare dokumentationskraven i sina arbetsflöden, då det behöver se bra ut från alla riktningar och även på nära håll. Se bara till att de även har den mättekniska precisionen. Antingen själva eller i samarbete med mättekniker.

## 3.6 Kompetenskartläggning

Dessvärre finns det inget nätverk som samlar alla med kompetens inom skanning och det är därför svårt att få en överblick. Inom Geodesi så ryms även lantmätare och mättekniker som inte är särskilt relevanta för denna typ av dokumentation, samtidigt som det finns branscher utanför det mättekniska som också sysslar med skanning.

Den här förstudien har identifierat ett 30-tal företag på denna korta tid, vilket nog innebär att det finns minst tre gånger så många. Dessa har hittats genom att fråga runt bland redan kända firmor och återförsäljare samt genom att medverka på exempelvis Geodesidagarna. Av dessa kan en handfull utföra skanningar som uppfyller krav för dokumentation, medan övriga skulle behöva varierande grad av instruktioner och/eller utbildning.

### Nätverk

#### *Sveriges Kart- och Mätningstekniska Förening*

En förening som dessvärre inte samlar så många i branschen.

#### *Föreningen Sveriges Stadsbyggare*

Förening för planarkitekter med mera på kommunal nivå. Många av de byggnader som faller inom detta projekt ligger i städerna som dessa förvaltar. De arbetar främst med grova exteriörer i CityGML format. De har även ett internt nätverk för 3D.

## 3.7 Övrigt

Om man vet att flera stora jobb är på gång blir det också möjligt att investera i utrustning och utveckling av effektivare lösningar för fotogrammetri som sedan släpps som open-source. Det finns många skanningsriggar som är företags-hemligheter och inte kommer allmänheten till nytta. Att få upp volymerna för dokumentationsskanning är därför väsentligt för effektivisering.

För att öka och sprida kompetensen kan exempelskanningarna utföras i samarbete med företag som då får större förståelse för de speciella förutsättningar som gäller för dokumentation av kulturarv.

Beställarkompetensen är också nödvändig att öka om de utförda dokumentationerna skall hålla god kvalitet.

## 4. Slutsatser

Det finns goda skäl att anta att stor effektivisering kan uppnås med standardisering och kompetensutveckling. Flera av de projekt som idag genomförs ger förvisso i många fall bra datamängder och ökar förståelsen för frågan hos den enskilda institutionen. Men det finns stora risker att man måste genomföra ytterligare 3D-dokumentation för att nå upp till de behov som finns för att nå kravbilderna för objekten. Det är effektivare kostnadsmissigt att genomföra en högkvalitativ dokumentation vid ett enskilt tillfälle, och efter detta bearbeta datan för olika typer av användning – oavsett om det skulle vara skapandet av nya ritningar, bevarande för framtiden eller förmedling till skolor.

Förståelsen för denna process bedöms vara svag i hela branschen och ett kommande projekt bör därför fokusera på kompetenshöjande insatser hos förvaltande institutioner.

Det saknas i de flesta fall sammanställningar över den digitala dokumentationen, även inom organisationer som har ett övergripande ansvar. Ett tydligt uppdrag kring inventering av objekt och status rörande dokumentation bör därför ges till antingen de förvaltande institutionerna eller någon aktör som kan sammanställa denna information.

De juridiska aspekterna är viktiga rörande förvaltning av data. Dessa förutsättningar behöver utredas innan ytterligare arbete görs för att säkerställa att informationen som skapas kan hanteras på rätt sätt.

Som rekommendation bör en framtida pilotstudie därför omfatta så stor mängd förvaltande aktörer som möjligt, så många olika typer av objekt som möjligt och karakteriseras av kunskapsspridning och nätverksbygge.

# Bilagor

## **Bilaga 1**

Inbjudan till hearing 2 september 2022

## **Bilaga 2**

Mötesanteckningar från hearing 2 september 2022

## **Bilaga 3**

Lista över möten med berörda institutioner och kontaktpersoner

## **Bilaga 4**

Terminologi inom 3D

## **Bilaga 5**

Objektstyper

## Bilaga 1. Inbjudan till hearing 2 september 2022

Inbjudan till *hearing* rörande nationell 3D-digitalisering av monument och byggnader, **10.00 till 15.00, 2 september 2022.**

EU:s rekommendation för digitalt kulturarv från 2011 uppdaterades 2021. Bland nyheterna utmärkte sig kraven på 3D-digitalisering. Riksantikvarieämbetet genomför därför under hösten 2022 en förstudie kring denna fråga och bjuder in till en hearing i september, med förhoppning om att er institution kan medverka.

**Redan om tre (2025) år förväntas 40 % av allt riskutsatt kulturarv, och ca 25 % av det mest besökta kulturarvet vara digitaliserat.** Den faktiska totala mängden kulturarv som anses hotat eller välbesökt är en definitionsfråga som vilar på medlemsstaten, och den kan sättas så högt eller lågt att det är rimligt att nå de uppsatta målen inom utsatta tidsramar. Förstudien består av en verksamhetsdel och en teknisk del.

Verksamhetsdelen har i uppdrag att utreda vilka förvaltningsobjekt som ska definieras som *riskutsatt* och *mest besökt*. Förstudien kommer att ta fram en lista över vilka objekt i kategorierna monument och fasta kulturarv som ska 3D-digitaliseras i Sverige, och inom vilka tidsramar.

Den tekniska delen handlar om att kartlägga de tekniska förutsättningarna för 3D-digitalisering. Det vill säga att sätta upp kvalitetskrav och normer gällande dokumentationskvalitet, teknik, metadata och lagring som krävs för att ett kulturarvsobjekt ska kunna sägas vara 3D-dokumenterat. En konsult hanterar denna del inom förstudien.

Förstudien genomförs september–november 2022, för att kunna ligga till grund för verksamhetsplanering inför 2023. Under denna period kommer 4 träffar anordnas. Mellan dessa träffar kommer ytterligare intervjuer och arbete att utföras.

### Genomförande och tidsplan

2 september: Hearing med de inblandade aktörerna för att förklara syftet med förstudien och projektet. Lyssna in vad de har för synpunkter på hotat och välbesökta monument och kulturarv i landskapet. Storleksordning 10–20 personer. Upprättande av arbetsgrupp för definitioner och lista med objekt. 3D-konsult arbetar parallellt med detta och är med på alla möten för att förstå grunderna i frågeställningarna.

### Inbjudna

Statens fastighetsverk, Svenska kyrkan, Försvarmakten, Skogsstyrelsen, Havsmyndigheten, Maritima museerna, Åjtte, Statens historiska museum, Hembygdsförbundet, Fortifikationsverket, Riksantikvarieämbetet.

## **Leveranser**

Förstudierapport som innehåller:

- definition av riskutsatt kulturarv
- definition av mest besökt kulturarv
- definition av 3D-digitalisering (konsult)
- beställningsunderlag för teknisk infrastruktur (t.ex. lagringsplattform) (konsult)
- lista av förvaltningsobjekt som ska vara digitaliserade innan 2025
- lista av förvaltningsobjekt som ska vara digitaliserade innan 2030
- kostnadsberäkningar och tidsplan samt kompetensprofil medverkande.

## **BILAGA**

Den faktiska formuleringen från 2021 års rekommendationer:

Citat från kap 2, avsnitt 6:

The digital strategy should set clear digitisation and digital preservation goals. Those goals should be based on objective and clear criteria, including:

- (a) cultural heritage at risk,
- (b) the most physically visited cultural and heritage monuments, buildings and sites and
- (c) the low level of digitisation for specific categories of cultural heritage assets.

By 2030, Member States should digitise in 3D all monuments and sites falling under (a) and 50% of those falling under (b).

By 2025, Member States should digitise 40% of the overall 2030 targets.

Member States should take the necessary measures to ensure that all digitised cultural assets referred to in point 6 (a), (b) and (c) are also digitally preserved.

## **Bilaga 2. Mötesanteckningar från hearing 2 september 2022**

**Hearing rörande nationell 3D-digitalisering av monument och byggnader**  
2022-09-02, Riksantikvarieämbetet, Storgatan 41, Stockholm.

### **Närvarande:**

Henrik Summanen, projektledare Riksantikvarieämbetet  
Thomas Hageus, konsult 3D-dokumentation, Riksantikvarieämbetet  
Barbro Bornsäter, forskningsdatarådgivare, Riksantikvarieämbetet (vid pennen)  
Helena Rosenberg, Hembygdsförbundet  
Kenneth Blixt, Nordiska museet  
Christina Persson, Svenska kyrkan

### **Bakgrund**

Fram till 2025 förväntas Sverige enligt EU:s nya rekommendation för digitalisering av kulturarvet (2021) digitalt dokumentera 40 procent av det mest besökta och mest hotade kulturarvet (inom kategorierna byggnader och monument).

Riksantikvarieämbetet samordnar denna fråga och har därför haft denna initiala hearing med berörda aktörer.

### **Kort presentationsrunda och lite tankar kring hur respektive organisation kan och har hanterat frågan**

Helena Rosenberg, Hembygdsförbundet. Deras medlemmar förvaltar regionala och lokala byggnader. De har inget centraliserat register över byggnader inom förbundet, de lokala föreningarna har eventuellt koll på sina byggnader, men ingen har koll på allt, eller vad som är mest värdefullt.

Kenneth Blixt, fastighetschef, Nordiska museet. De förvaltar ca 440 byggnader totalt. Har digitaliserat de mest värdefulla byggnaderna, ca 10–12 st. Tyresö slott, Svindersvik, ett par byggnader på Julita gård, samt Nordiska museets byggnad, bland annat. Detta på grund av dels att det inte fanns ritningar på en stor del av byggnaderna, dels att det fanns resurser p.g.a. pandemin (hyresrabatter m.m.).

Kristina Persson, Svenska kyrkan, kyrkokansliet. Kulturarvsenhet som stödjer stiftet i kulturarvsfrågor. De har ett fastighetsregister med ca 20 000 byggnader. En liten andel är digitaliserat, men oftast av församlingen själv och inte i någon stor skala. Informationen och datan är väldigt spridd och inte tillgänglig.

### **Henrik Summanen (RAÄ) presenterar EU:s rekommendation om digitalt kulturarv 2021. Presentationen bifogas.**

Rekommendationen som ursprungligen är från 2011 reviderades 2021 och något som tillkommit är just 3D-digitaliseringen. Ett skäl var branden i Notre Dame, där det inte fanns tillräcklig information för att rekonstruera.



Den faktiska formuleringen från 2021 års rekommendationer:

Citat från kap 2, avsnitt 6:

*The digital strategy should set clear digitisation and digital preservation goals. Those goals should be based on objective and clear criteria, including: (a) cultural heritage at risk,*

*(b) the most physically visited cultural and heritage monuments, buildings and sites and*

*(c) the low level of digitisation for specific categories of cultural heritage assets. By 2030, Member States should digitise in 3D all monuments and sites falling under (a) and 50% of those falling under (b).*

*By 2025, Member States should digitise 40% of the overall 2030 targets. Member States should take the necessary measures to ensure that all digitised cultural assets referred to in point 6 (a), (b) and (c) are also digitally preserved.*

Planen är att Henrik kommer att genomföra fler möten av den här typen för att fånga in fler organisationer som förvaltar byggnader i Sverige, och sedan avsluta med ett uppsamlade möte i oktober.

Det är inte bara byggnader det gäller utan även andra typer av stora kulturarv, exempelvis gravfält, t.ex. Ale stenar.

Vilka fler organisationer kan vara aktuellt att bjuda in, förutom de närvarande och de som inbjudits men inte kom? Kommentar: Kan vara aktuellt att bjuda in Länsstyrelser men då blir det väldigt stort, kanske ska ta det separat. Sveriges maritima och transporthistoriska museer föreslogs.

Då Nordiska museet har digitaliserat ett flertal byggnader kan det vara värt att titta på vad det har kostat för att få en uppfattning om hur mycket projektet kan behöva ta i anspråk.

### **Thomas Hageus (Konsult 3D-digitalisering) presenterar digital dokumentation och går igenom olika metoder och vilka resultat de ger**

Thomas ger en sammanfattning av olika tekniker som används vid 3D-skanning av byggnader.

Vid skanning av små föremål kan man skanna i stor detalj och få med olika typer av material etc. I det här fallet handlar det om att skanna byggnader för bevarande så det är kanske inte aktuellt med det nivån på detaljrikedom.

Diskussion om på vilken nivå skanningen ska ligga. Vi måste bestämma vad de ska användas till, ska de vara basic för att fungera som ritning, ska den bara ge

tillräckligt bra information för att kunna återuppbygga en förstörd byggnad eller ska den vara så detaljrik att man genom den ska kunna uppleva byggnaden. Hur säkerställer vi lagring etc. av datan? Thomas presentation är bifogad.

### **Slutdiskussion**

Henrik ber Thomas att till nästa möte ta fram några ”typbyggnader” som stenkyrka, timmerhus etc. och en kostnad för att skanna dem till en rimlig kvalitet. Så att vi kan ha en idé om ungefär vad det kan kosta totalt.

Projektet kommer att behöva göra ett avvägande mellan kvalitet och kvantitet. Det är fullt möjligt att 3D-skanna en stor mängd byggnader i låg upplösning, men värdet av den dokumentationen är ev. tveksamt om syftet är återuppbyggnad t.ex. vid brand.

Helena lyfter att det kan vara aktuellt att identifiera objekten (byggnaderna) innan vi funderar på tekniken och hur vi ska genomföra skanningen. Och att fundera på hur prioriteringen ska gå till. Från Hembygdsförbundets perspektiv är det så att den sammantagna mängden byggnader är värdefull men de har sannolikt inga enskilda byggnaders om är av högsta prioritet.

En viktig fråga är också vad som är hoten, alla dessa måste vägas samman för att vi ska kunna göra en bedömning av hur vi ska prioritera.

Henrik kommer att kontakta deltagarna i mötet i efterhand för ett uttalande kring om de har ett hotat kulturarv och vilka besökssiffror de har, sammanställa detta och sen blir det ett nytt möte i oktober för respons på sammanställningen.

### Bilaga 3. Lista över möten med berörda institutioner och kontaktpersoner

Institution	Kontaktperson	Mötesform
Svenska kyrkan	Christina Persson / Markus Dahlberg	Hearing / E-post
Statens fastighetsverk	Anders Lindelöf	E-post
Riksantikvarieämbetet	Johan Gardelin / Christian Runeby	Digitalt möte / E-post
Statens historiska museer	Annika Froman Ekbohm / Annika Ewing	E-post
Fortifikationsverket	Ingela Andersson Lindberg	Digitalt möte / E-post
Nordiska museet	Kennet Blixt / Leif Hed	Hearing / E-post
Skogsstyrelsen	Michael Lehorst	Digitalt möte / E-post
Hembygd förbundet	Helena Rosenberg	Hearing / E-post
Myndigheten för kulturanalys	Malin Weijmer	E-post

## Bilaga 4. Terminologi inom 3D

En anpassad och nedkortad version av ”Vad är 3D?” som skrevs för Digisam, våren 2020, av Thomas Hageus, under slutpraktiken av utbildning till 3D-tekniker.

Alla foton/bilder i denna bilaga är tagna av Thomas Hageus.

### 1. Introduktion

Vad är 3D och vad är 2D? Det kanske verkar uppenbart, men gränsen är inte helt tydlig och många använder fel ord för att sälja.

#### 2D

Ett fotografi är alla överens om att det är 2D, även om man kan zooma in och ut. Ett panoramafoto är också 2D, men när panoramat går hela vägen runt 360 grader börjar det ibland kallas för 3D foto. Det är fortfarande dock bara tvådimensionellt om än icke euklidiskt och kallas bäst för 360 foto eller panoramafoto. Man är låst till att iaktta från en position och kan inte röra sig i rummet.

#### 2,5D

När man i stället för Z-axeln endast anger en höjd kallas det för 2,5D. Det sparar data och kan enkelt representeras med en bild med gråskala eller färgskala för höjden. Det passar bra för exempelvis terrängmodeller så länge man inte har klippöverhäng. Många spel använder också 2,5D för att spara beräkningskraft. Det är då ofta 2D grafik som simulerar 3D och är inte samma sak som 2,5D inom mätteknik.

#### 3D

En äkta tredimensionell modell ger dig möjlighet att byta både position och riktning. Om en mugg är i 3D kan du exempelvis titta in i muggen, men även inifrån och ut. Den är mätbar och du kan göra tvärsnitt och andra analyser.

### Stereoskopi

Denna teknik för att se på världen med djupseende fanns redan på 1800-talet. Vi säger ju 3D-bio, 3D-glasögon o.s.v. Enligt ovanstående definition är det 2D eftersom vi inte kan byta betraktningvinkel.

## DoF, Degrees of freedom

Det finns även andra sätt att definiera dimensioner. Inom VR används till exempel Degrees of Freedom, DoF (ej att förväxla med fotografins Depth of Field, skärpedjup). 3 DoF innebär att du kan se dig omkring i alla riktningar. 6 DoF innebär att du även kan förflytta dig i rummet.

## 2. Allmänt

Att skapa en 3D-modell kan göras genom att modellera/skulptera eller genom att skanna. Efter själva skannandet använder man i stort sett samma tekniker för att bearbeta som man skulle göra med en egenskapad modell. Det vanliga är att en skanning först bygger ett punktmoln som sedan konverteras till en mesh och textureras. Detta kan göras i en mängd mjukvaror och är väl utvecklat. Punktmolnet är då bara ett steg på vägen. Uppmättningsbranschen, som länge har jobbat med punktmoln från laserskannrar, är dock ofta nöjda med punktmoln och använder dem utan att konvertera. Där modellerar man i stället i CAD utifrån punktmolnet.

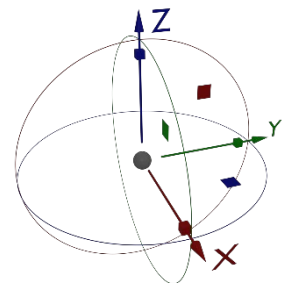
## Koordinater

Koordinater definierar en punkt i rymden. X och Y bildar horisontalplanet och Z höjden (om vi håller oss på jorden). Det gäller både kartor, CNC-maskiner, ritningar och 3D-skrivare. Om du har en planritning framför dig på skrivbordet så är Z uppåt. Om du har samma ritning digitalt på en skärm är Z mot dig. Z är dock fortfarande uppåt i verkligheten som beskrivs.

Inom spelgrafiken fortsatte man däremot med X och Y på skärmen, när man började med 3D-spel. Z blev då inåt. Detta blev standard inom spelindustrin vilket gör att vi fortfarande dras med två olika sätt att definiera uppåt. Mjukvara utvecklad mot spelindustrin har Y som upp. Mjukvara riktad mot den fysiska världen har Z upp. Detta är viktigt att hålla koll på.

## Georeferering

För större objekt som byggnader och infrastruktur väljer man ofta att använda ett globalt, nationellt eller regionalt koordinatsystem så att objektet får en korrekt position i världen. Dessa koordinatsystem är mycket mer komplicerade då de följer jordens krökning i stället för att ha raka axlar, samt att koordinaterna har många siffror, långa koordinater, som all mjukvara inte kan hantera. Tidpunkt för mätning är också viktig med hänsyn till landhöjning och kontinentaldrift. Därför transformeras mindre strukturer ofta till ett lokalt euklidiskt system när man



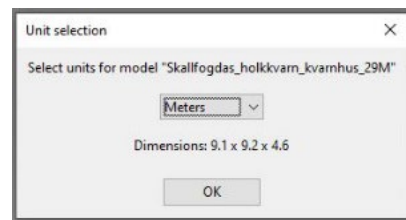
arbetar med det såvida men inte har dedikerad mjukvara som kan hantera långa koordinater.

## Axlarnas färger

I de fall man färgkodat axlarna i mjukvaran så följer det mönstret för XYZ RGB. X axeln är röd, Y axeln grön och Z axeln är blå.

## Måttenheter

I olika program används olika enheter. CAD jobbar oftast med millimeter och meshbaserade ofta i meter. CAD brukar kunna hantera dessa olika enheter utan problem och även vissa filformat för punktmoln. De vanligaste formaten för mesh däremot har bara odefinierade enheter. Vid import blir man ibland tillfrågad om vilken enhet filen har. Vissa program anger även yttermått så att man kan gissa. Andra program importerar helt enkelt i den enhet det är inställt på, så får man skala om efteråt.



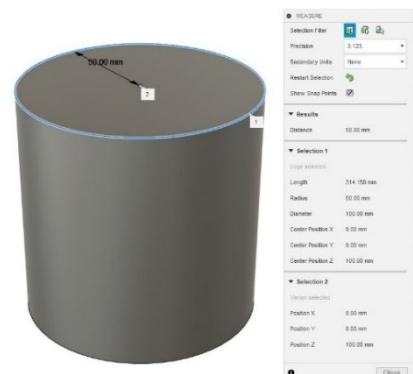
Det finns även ett land som använder ett reliktt måttssystem.

## 3. Solider, BREP

Solider bygger i grunden på geometriska primitiver. Block, cylindrar, sfärer, som byggs ihop och dras ifrån varandra, Booleska operationer. Detta har utvecklats vidare för att kunna göra alltmer komplicerade former med hjälp av olika sorters kurvor och att svepa former läng med kurvor. Solider är exakta och alltid i skala.

En cylinder har en diameter och en höjd och är perfekt cirkulär.

CAD, Computer Aided Drafting, numera ofta Computer Aided Design, är en av de äldsta tillämpningarna av digital 3D-teknik och är de program som främst använder solider.



## Solid

En solid bestäms av sin yttre begränsning. Om en begränsning inte är helt tät så förvandlas den till en samling ytor i stället och behandlas då på ett annat sätt. De flesta CAD-program kan även hantera ytor, men ibland med viss motvilja.

## **BREP, B-rep**

Boundary representation eller Brep, B-rep, är den omslutande yta som omger soliden. Detta är det ord som ofta används för att beskriva att man jobbar med solider.

## **Solidkärna**

Solidkärnan är själva matematiken bakom en solid. Hur en solid beräknas av datorn bestäms av vilken solidkärna programmet använder. Olika kärnor är olika bra på olika former och det finns CAD-program som har två olika kärnor som man kan växla emellan för olika objekt i sin scen, eftersom komplicerade former ibland kan krascha.

De vanligaste solidkärnorna idag är Parasolid och ACIS, men även Romulus, OpenCASCADE och C3D. Geometric modeling kernel är ett bra sökord om du vill läsa mer.

## **NURBS, Non-uniform rational basis spline (B-spline)**

Att bara jobba med geometriska primitiver ger mycket begränsat utbud för vad som kan göras. Därför används olika typer av kurvor. Vanligast är B-spline och Bézier. Dessa kan kombineras till avancerade ytor.

Splines heter det efter de lator som båtbyggare använde för att få fram kurvor som inte kan ritas med passare och linjal. En lång latta böjs över ett antal punkter för att bilda en kurva. Den digitala motsvarigheten fungerar på liknande sätt med noder som påverkar böjningen matematiskt.

## **Filformat för Solider**

Nästan alla CAD-program har sina egna filformat, men det är väldigt vanligt att man även har licens för att få exportera och importera andras format för att öka kompatibiliteten. Utöver detta finns ett ISO standardformat som heter STEP, Standard for Exchange of Product Model data.

Mycket av arkiverat ritningsmaterial är sparad i Autodesks proprietära filformat dwg.

## **4. Punktmoln**

Vid en enkel uppmätning behövs bara ett fåtal kontrollpunkter för att veta var väsentliga delar befinner sig.

Vill man beskriva ett komplicerat objekt krävs däremot många punkter över ytan och detta kallas då ett punktmoln. Ett punktmoln kan bestå av allt ifrån några tusen punkter till flera miljarder beroende på storlek och detaljnivå. Punktmolnet i sig innehåller ingen information om punkternas inbördes relation, förutom att det kan innehålla normaler som anger vad som är utsidan, alltså från vilket håll punkten mättes in.

Punktmolnet kan användas som det är eller som grund för att skapa en CAD-modell eller mesh där punkterna fått en inbördes relation.



## Position

Det mest grundläggande för ett punktmoln är att varje punkt har en XYZ position i ett koordinatsystem.

## Punktfärg (Point color)

För att ytterligare visualisera ett punktmoln kan man tilldela varje punkt en färg med ett RGB värde. Det finns andra sätt att definiera färg, men i punktmoln är det RGB som är dominerande.

## Skalärfält (Scalar fields)

Skalärfält är ett värde som tilldelas varje punkt och ingår i många filformat samt kan tilldelas olika information.

### *Reflektans (intensity)*

Laserskannrar ger ofta information om reflektans. Alltså hur reflekterande ytan är som punkten mättes på.

### *Temperatur*

Vissa skannrar har värmekamera och kan koda punkter med temperatur.

## Filformat för punktmoln

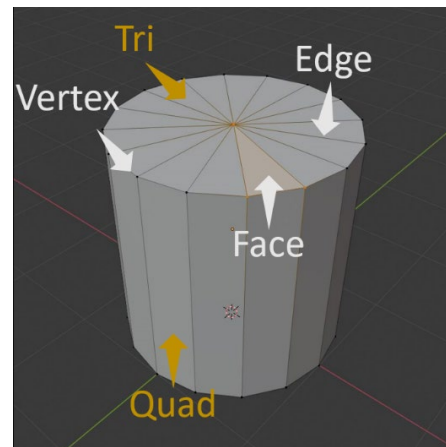
Det finns en stor mängd filformat för punktmoln. För många för att lista här. Många är proprietära och kan inte användas i öppna data. Andra är helt öppna. De öppna är ofta mer utrymmeskrävande för att även kunna vara läsbara av människor.



Vissa filformat, som exempelvis LAS och E57 innehåller information om skannerpositioner. Det gör att man kan väga tillförlitligheten av en punkt beroende på avståndet till skannern. Om en punkt är tagen från väldigt stort avstånd medan en alldeles intill är tagen från en skannposition väldigt nära vet man att den senare är mer tillförlitlig. Det gör det enklare för mjukvaran att rensa bort brus.

## 5. Mesh

Mesh (nät) är en mängd sammanfogade punkter som bildar polygoner och används främst inom modellering och skanning. Man är här inte bunden av solidernas matematiska relationer utan kan modellera helt fritt så länge man håller sig till en snygg topologi. Det ger dock upphov till andra begränsningar.



### Vertex

En vertex i en mesh motsvarar på sätt och vis en punkt i ett punktmoln, men i stället för att fylla föremålets yta med punkter skapar man relationer mellan vertices i form av linjer och ytor. Man sparar på detta sätt in massor av data. Särskilt vid plana ytor.

### Edge

Mellan dessa vertices binder man ihop med edges. Detta blir det klassiska trådskelettet (Wireframe) som vi känner igen från den tidiga datorgrafiken.

### Face

Mellan edges bildas faces som är själva ytan på modellen. Det är denna som färgläggs eller textureras och som gör att det uppfattas som en faktisk volym.

## Polygoner, Tris, Quads, N-gons

Faces kan bestå av trianglar eller fyrhörningar. Ett skannat objekt får oftast trianglar medan man inom modellering oftast vill hålla sig till fyrhörningar. Allt omvandlas oftast till trianglar i slutprodukten men fyrhörningar är möjliga att dela på mitten (subdivision) för att öka eller minska upplösningen väldigt enkelt. Har man fler än fyra hörn kallas det en N-gon. N står för naturliga tal (positiva heltal). Datorn har då svårt att avgöra hur ytan är tänkt att se ut eftersom det finns flera alternativa tolkningar. Vissa program gissar sig till en tolkning, andra kraschar. Samlingsnamnet är polygoner.

## Vertex normal

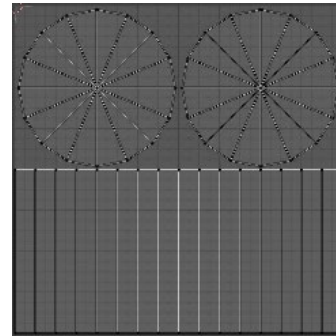
För att veta vad som är in och utsida så har varje vertex en normal, alltså en riktning. Baksidan kan renderas likadant som framsidan, med en enhetlig färg eller transparent beroende på behov.

## Vertex colour

Precis som man kan ge punkterna i ett punktmoln olika färg så kan man tilldela vertices färg. Antingen som ett lågupplöst alternativ till en textur, eller genom att måla direkt på modellen. Upplösningen är dock direkt beroende av upplösningen på geometrin.

## Textur och UV

Texturer är bildfiler till meshmodeller som ger dem en färginformation som kan ha högre upplösning än geometrin har. En textur skall helst hålla sig till "the power of two" i upplösning för att fungera. Alltså 1024x1024 pixlar eller 2048x2048, 4096x4096 o.s.v. Detta refereras till som 1K, 2K och 4K. Det behövs sällan större än 8K och många mindre föremål klarar sig väl med 4K eller 2K då det ändå inte finns nog med pixlar i rådatat för att fylla upp en större textur.

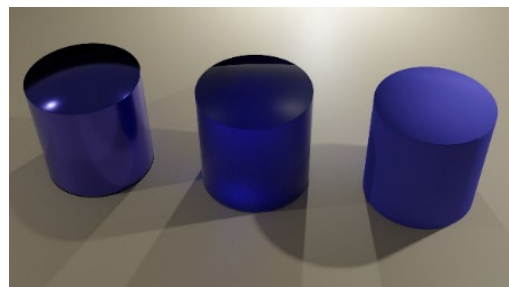


Tänk på att datamängden växer i kvadrat, så 16K är mest lämpat för byggnader och andra stora objekt. Det är ibland bättre att ha flera 8K-texturer än en 16K.

UV-mappningen är informationen om hur bildfilerna skall svepas runt föremålet. Man kan låta datorn räkna ut en UV-map automatiskt, vilket oftast är fallet med skanning, eller på enklare geometri manuellt bestämma hur den skall se ut för att få sömmar på dolda ställen samt bättre utnyttja ytan.

## Material

Ett material bestämmer hur ljuset bryts och reflekteras när det träffar föremålet. Texturen från skanningen eller färgen man angivit anger just bara färgen. Ett garnnystan som blänker som den vore klarlackad eller en silverpjäs helt utan glans ger ett väldigt felaktigt intryck. Samtliga cylindrar på bilden har samma blåa färg, men helt olika material. Den vänstra har låg roughness, alltså blank, samt full metalness för att ljuset inte reflekteras på



samma sätt som på ickemetaller. Den mittersta har diffus transparens och medelhög roughness. Den högra har hög roughness.

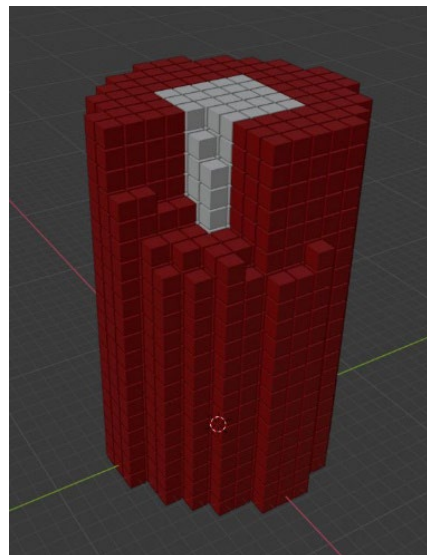
Renderingsmetoder med material som har egenskaper som efterliknar hur ljus beter sig i verkligheten kallas för Physically Based Rendering, PBR. För att kunna få riktigt realistiska resultat krävs att man är inläst på hur ljus och material faktiskt beter sig. Man kan dock med lite tur gissa sig till ett ok resultat.

Inom CAD handlar däremot material mer om fysiska egenskaper, såsom densitet och hållfasthet.

## 6. Volymetrisk modell

Mesh och punktmoln är ihåliga. En volymetrisk modell är däremot massiv. Den är uppbyggda av voxlar, 3D-pixlar. En sådan modell visar innehållet vid ett tvärsnitt. Volymetriska modeller används främst inom sjukvård, men tillämpas även på exempelvis mumier och markundersökningar. En volymetrisk modell kan exempelvis vara en konvertering av en mesh för att rendera rök eller andra specialeffekter. Men det kan också vara resultatet av en markradar eller CT-skanning.

En volymetrisk modell kan ordnas hierarkiskt i ett Octree, där åtta voxlar slås ihop till en större voxel. Det kan göras i flera steg för att snabbare ladda in hela modellen och sedan läsa in de underliggande mindre voxlarna när man zoomar in och de behövs.



## 7. Bearbetning

En mesh eller ett punktmoln kan behöva bearbetas efter skanningen. Hål behöver fyllas, normalmaps bakas, decimering för att få det hanterbart, delar klippas bort eller läggs till, bättre UV-map o.s.v. En egenskapad modell måste även skapas någonstans.

En skannermjukvara kan ofta automatiskt fylla i hål, men kanske inte alltid på bästa sätt. Om man vill ha full kontroll finns det ofta specialiserad mjukvara som är bättre.

## Decimering

En skanning resulterar oftast i en modell med alldeles för många polygoner eller punkter. Punktmoln kan vara mycket större då mjukvaran ofta beräknar om lite i taget efter en rörelse. Det går långsamt men det kraschar inte.

Därför kan en modell behöva decimeras för att kunna användas. Det kallas bland annat decimate, simplify, remesh eller för punktmoln subsampling eller reduce.

## 8. Rendering

(eng. rendering = tolkning, framställning, återgivande). Rendering är beräkningen som mjukvara utför för att framställa en 2D-bild eller film utifrån en 3D-modell. Den innehåller beskrivning av betraktarens, ljuskällors och olika 3D-objekts position och rörelser, samt objektens ytor, färg, reflektioner, [refraktioner](#), material, [skärpedjup](#), [rörelseoskärpa](#), [linsöverstrålning](#) och så vidare.

Det kan röra sig om allt från den väldigt förenklade renderingen i arbetsvyn, via spelgrafiks realtidsrendering till timplånga väldigt exakta renderingar av bilder eller filmer.

## 9. BIM, Building Information Modeling

Byggnadsinformationsmodell, är en modell för att organisera allt man behöver veta för byggande och förvaltning av en byggnad. Där sparas information om kostnader, byggtid, brandklassning, isolervärde m.m. för varje enskild del av byggnaden. Fönster, väggar, tak, el, ventilation o.s.v. Denna information kan, men måste inte, även innehålla geometrin. Det gör att man kan få en visuell överblick på ett annat sätt än med tabeller. Man kan filtrera ut och bara visa alla dörrar i en CAD-modell, eller navigera i hela modellen och få fram info om just en specifik dörr.

BIM kan liknas vid GIS för byggnader. BIM har dock även utvecklats för anläggningsbranschen vilket gör att man nu jobbar på att få GIS och BIM kompatibelt.

### **.ifc, Industry Foundation Classes**

IFC är ett standardiserat utbytesformat för BIM. Standarden administreras av BuildingSMART. Dessa filer skall gå att skicka mellan olika programvara som certifierats för openBIM. Det förkommer dock fortfarande vissa problem, och särskilt svårt är det med proprietära program där man inte har insyn i mjukvaran. Därför kan en soffå vara klassad som vägg när man öppnar den i ett annat program. Det finns open-source mjukvara, BlenderBIM, IfcOpenShell och IFCjs, som kan redigera direkt i IFC.

## **BIP, Building Information Properties**

För att få struktur på namngivning har man BIP, Building Information Properties, som standardiserat egenskaper och beteckningar i fastigheter. Denna gäller dock bara inom landet och ser olika ut i andra länder. Vilken information som skall vara med i ifc-filen är dock upp till varje projekt. Om man t.ex. inte har nytta av brandklassning av bjälklag så utelämnas helt enkelt den informationen.

## **HBIM, Heritage/History Building Information Model**

Eftersom BIM är inriktat på ny-, om- och tillbyggnation så är det inte anpassat för dokumentation av historiska byggnader. Det görs olika ansträngningar för att anpassa och modifiera detta till kulturmiljövården. Här skulle internationella standarder behöva utvecklas så vi inte hamnar i samma nationella öar som byggbranschen. Alternativt att man gör en nationell standard, som lätt kan översättas och länkas till en kommande internationell standard. Samordningen på europainivå sköts av projektet Inception inom Europeana, [inception-project.eu](http://inception-project.eu).

## Bilaga 5. Objektstyper

Under arbetets gång har det framkommit att det behövdes några exempelbyggnader med ungefärlig kostnad för referens. De tas upp i denna bilaga.

Vilka olika typer av kulturarv kan det handla om och vilka utmaningar har de?

Här nämns några exempel och ungefärlig tidsåtgång på plats för att skanna dem. Detta eftersom kostnader ändras snabbt, men tidsåtgången ändras långsammare. Tiden för efterbearbetning kan variera från motsvarande skanningstiden till tredubbla gånger skanningstiden beroende på teknik. Skall det dessutom bearbetas till användbara produkter för visualisering o.s.v. kan bearbetningen ta ett helt år för ett komplicerat objekt där skulpturer skall skannas separat och placeras in i rätt koordinatsystem, sparas i olika upplösningar för olika ändamål och få fulla PBR-material, medan en enkel laserskanning kan levereras någon dag senare.

Som riktlinje kostar en dags laserskanning, i skrivande stund, med leverans av punktmoln cirka 30 000 kr, medan komplettering med fotogrammetri kan två eller tredubbla den kostnaden.

Följande exempel går igenom nedan:

- Kyrka, fokus vind
- Liten lantlig
- Slott, högre stånd
- Industri
- Fornlämning
- Minoritetsfolkens lämningar
- Vrak

## Kyrka, fokus vind

Sverige har över 600 medeltida kyrkvindar av fantastisk kvalitet, varav 170 är äldre än 1250. Dessa är ofta mycket svårbesökta.

Exempel: Gökhem, Dädesjö, Mellby, Grevbäcks klocktorn.

### *Status*

**Hotade**, då många av dem till och med saknar brandvarnare och har stor risk för oupptäckta takläckage då de väldigt sällan inspekteras.

### *Särskilda utmaningar*

Vindarna är väldigt svåråtkomliga och svårframkomliga. Oftast är tillträdet genom en liten dörr eller lucka som kan vara placerad i marknivå eller i innertak eller högt uppe på ytterväggarna. Det gör att utrustning kan vara tidskrävande att få upp. Vål uppe kan man i bästa fall gå på bindbjälkar, men om det är slagna valv med isolering på kan murkrönen vara den enda fasta mark som finns. Sen kan det också vara 6–10 meter tillnock och därmed väldigt svårt att skanna längst upp. Mycket damm rörs också upp när man rör sig. Kyrkorummen är däremot stora och öppna, men kan innehålla blanka malmkronor och förgyllda föremål som är utmanande att fånga.

### *Ungefärlig tidsåtgång*

2–4 dagar bör planeras även om vissa kan klaras av på en dag.

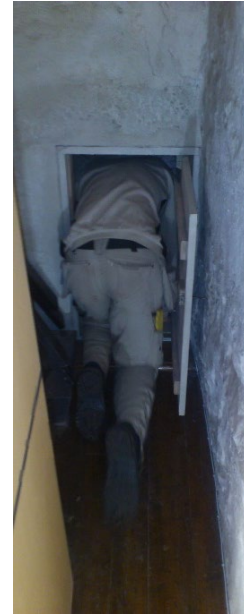
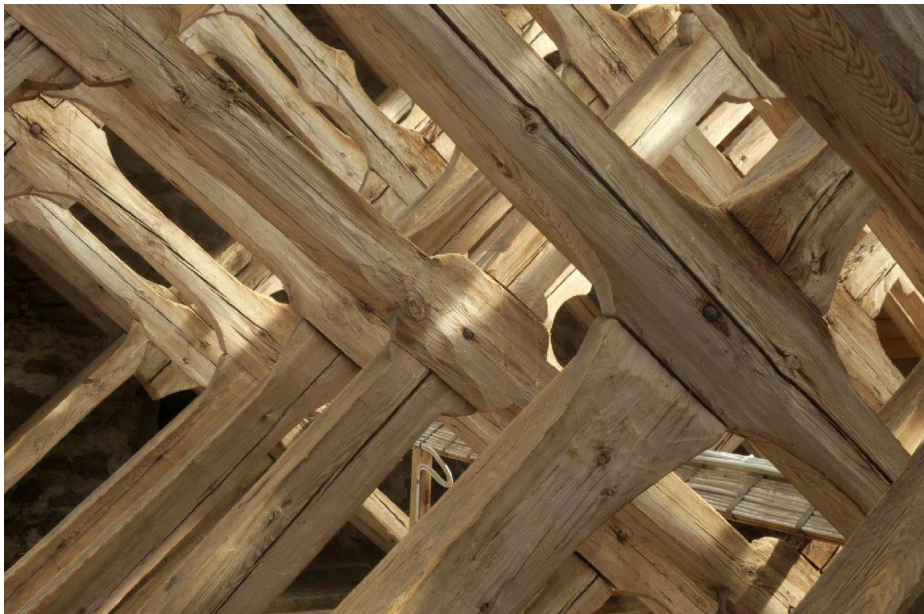


Foto: Thomas Hageus.



Gökhems kyrka 1140. Foto: Robin Gullbrandsson.



## Liten lantlig

Stugor och stall, fjös, trösklogar och härbren försvinner i en rasande takt och saknar ofta helt skydd då de ligger utanför detaljplanelagt område. Bara de senaste åren har ett par medeltida härbren sålts i väg på blocket. De hamnar då i en ny miljö som kan vara betydligt fuktigare än den där de klarat sig i 700 år och riskerar också att byggas om till gäststugor. Enbart i Dalarna finns över hundra medeltida härbren.

Exempel: Härbre från 1298 i Färnäs, Mora, Trösklogen i Eggen, Dubbelbod i Skäfthammars sn, Gimo 11:1.

### *Status*

**Hotat.** Uthus har till största delen förlorat den funktion de byggdes för och lämnas då att förfalla.

### *Särskilda utmaningar*

De kan ofta vara överfulla med saker samt omgivna av tät sly. Planera in extra tid till att röja innan skanning.

### *Ungefärlig tidsåtgång*

Två till fyra byggnader kan hinnas med på en dag om man inte räknar med röjandet.



"Janssons bod", Alunda sn. 1480–1482. Foto: Thomas Hageus.



## Slott, högre stånd

Stora komplexa byggen med många funktioner och högtstående hantverk.

Exempel: Gripsholm, Skokloster, Hallwylska palatset.

### *Status*

**Välbesökt.** I allmänhet väl omhändertagna, men med högt besökstryck som kräver anpassning av lokalerna.

### *Särskilda utmaningar*

Storleken i sig är en utmaning då skanningen måste delas upp i mindre bitar som skall passas ihop. Även en stor mängd skulpturala detaljer, ofta förgyllda, kräver hög upplösning och hantering av reflektioner.

### *Ungefärlig tidsåtgång*

Veckor till månader skanningstid.



Gripsholms slott. Foto: Thomas Hagaeus.

## Industri

Det industriella arvet är en viktig del av historien och även teknik som användes alldeles nyss har hunnit bli daterad och övergiven. En hel del ligger också på mark som är intressant för exploatering.

Exempel: Ågestaverket<sup>3</sup>, Wira bruk, Pythagoras fabriker, Falu koppargruva, gruvlaven i Bersbo.

### *Status*

**Hotat, välbesökt.** Väldigt varierande. Oftast dåligt finansierade och vissa med väldigt svåra bevarandeförhållanden.

### *Särskilda utmaningar*

Rörliga delar och tunna detaljer som linor och remmar som kan vara svåra att fånga. Stora miljöer.

### *Ungefärlig tidsåtgång*

För varierande för att uppskatta.



Wira bruk. Foto: Thomas Hagaeus.

---

<sup>3</sup> Under arbetets gång har Ågestaverket rivits så det är redan för sent för detta.

## Fornlämning

En hel del hällristningar har redan skannats och Gotland bildstenar är också på god väg. Man kan även anse att många gravfält är skannade då de finns i Laserdata skog hos Lantmäteriet. Det skulle dock vara intressant att se om det går att få fram mer högupplösta versioner då de publicerade har en punkttäthet på en meter.

Andra lämningar, såsom runstenar, domarringar och skeppssättningar, är inte skannade i samma utsträckning.

Exempel: Ale stenar, Runstenar, Blomsholm, Tingstäde träsk.

### *Status*

**Välbesökta** vad gäller de kända och **hotade** vad gäller de okända.

### *Särskilda utmaningar*

Väderberoende, men annars ganska enkla. Hällristningar kan behöva rengöring och grunda huggningar kräver känslig utrustning.

### *Ungefärlig tidsåtgång*

Några om dagen för små till två dagar för större anläggningar.



Del av Lökebergaristningen. Bild: Thomas Hagaeus.



## Minoritetsfolkens lämningar

Historiskt har stora delar av landet brukats av de som nu är minoritetsfolk. Samer, Kväner, Skogsfinnar, Romer, Resande med flera. De har dock lite bebyggelse bevarat och det som tillhör nomadisk kultur faller delvis lite utanför det fasta kulturarvet. Här ingår också fångssystem och annat storskaligt.

Exempel: Kyrkkåtorna i Arvidsjaur, Njalla, rökstuga, husvagn.

### *Status*

**Hotat och underrepresenterat.** Mycket är byggt för att ersättas med jämna mellanrum och har därför en begränsad livslängd. Bråttom att dokumentera de äldre lämningarna.

### *Särskilda utmaningar*

Vissa ligger otillgängligt.

### *Ungefärlig tidsåtgång*

Två till fyra per dag.



Ateljékåta, 1930. Foto: Jonas Poovi.

## Vrak

Eftersom det är vansinnigt dyrt att bärga vrak så är standardmetoden numera att göra 3D-dokumentation på plats. Det är därför redan på god väg med denna dokumentation även om det är den svåraste av alla.

### *Status*

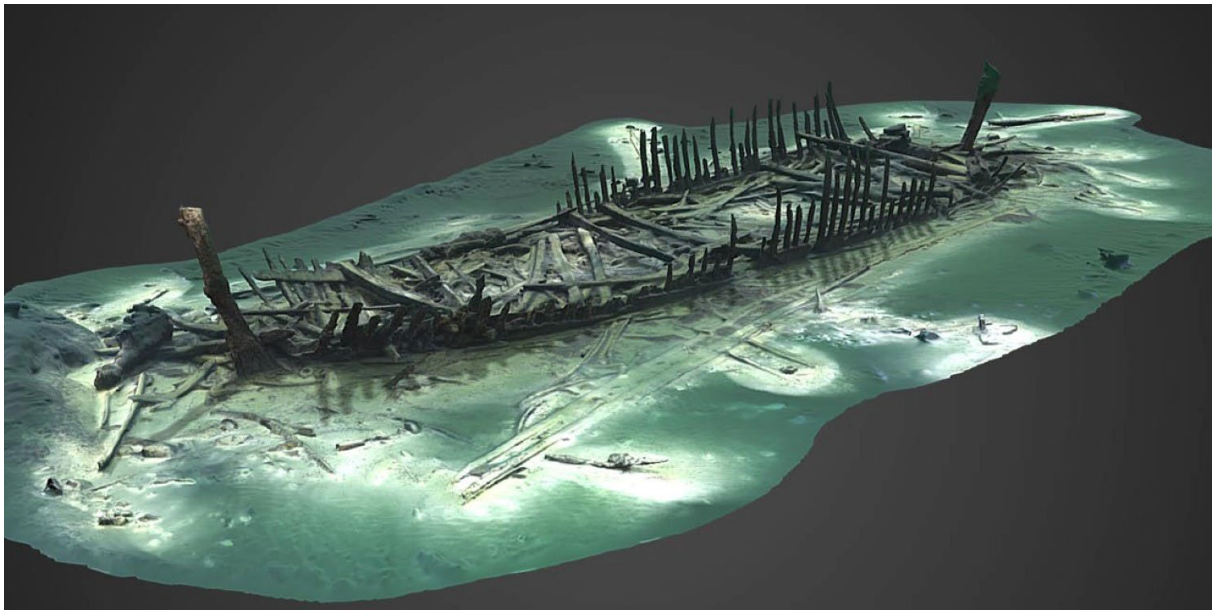
**Hotat.** I alla fall inte välbesökt.

### *Särskilda utmaningar*

Jovars!

### *Ungefärlig tidsåtgång*

Veckor.



Resande Man. Bild: Statens maritima och transporthistoriska museer.

