

RAPPORT

# MiljöVIS

Visualisering av osynliga miljömässiga  
och sociala faktorer i digitala 3D-modeller



**Trafikverket**

Postadress: 405 33 Göteborg

E-post: [trafikverket@trafikverket.se](mailto:trafikverket@trafikverket.se)

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

Dokumenttitel: MiljöVIS - Visualisering av osynliga miljömässiga och sociala faktorer i digitala modeller

Författare: Beata Stahre Wästberg, Susanne van Raalte, Liane Thuvander, Monica Billger, Fabio Latino

Dokumentdatum: 2025-01-20

Ärendenummer: 7611

Kontaktperson: Susanne van Raalte

Illustrationer: Fabio Latino, Daniel Sjölie, Orfeas Eleftheriou, Jessica Lundin, Lina Zachrisson, Beata Stahre Wästberg, Monica Billger

# Innehåll

<b>Korta fakta om .....</b>	<b>5</b>
<b>Sammanfattning .....</b>	<b>7</b>
<b>Inledning.....</b>	<b>8</b>
Utmaningar.....	8
Designval för visualisering .....	8
Färg, formspråk och visuella element .....	9
Syfte, mål och frågeställningar.....	10
Projektets omfattning, utgångspunkter och avgränsningar .....	11
Läs vidare.....	12
<b>Metod och genomförande.....</b>	<b>13</b>
Inventering .....	13
Målgrupper .....	14
Konsekvenser och målkonflikter .....	14
Visualiseringskoncept och tillämpningar .....	14
Utveckling av testplattformar .....	14
Lista på använda programvaror .....	16
Utveckling av visualiseringskoncept.....	16
Visualisering för olika behov .....	18
Visualisering av mål- och intressekonflikter .....	18
Användartester och utvärdering .....	19
Läs vidare.....	21
<b>Resultat .....</b>	<b>23</b>
Målgrupper .....	23
Vilka visualiseringsbehov finns? .....	24
Visualiseringskoncept för miljöområdena.....	25
Visualisering för inkludering .....	26
Kombinerade data, konsekvenser och målkonflikter.....	27
Exempel 1: Bullerdata och dess påverkan på hälsa och välbefinnande .....	28
Exempel 2: Ökade luftföroreningar som en konsekvens av förtätning .....	30
Exempel 3: Kombination av buller- och luftdata med sociala konsekvenser. ....	31
Exempel 4: Sociala konsekvenser och målkonflikter .....	32

Läs vidare.....	34
<b>Strategi och metod för visualisering i 3D.....</b>	<b>35</b>
Målbild – krav och kvalitet .....	36
Strategi och principer .....	37
6 principer och behov .....	37
Metod för val av visualiseringskoncept .....	41
Visualiseringshjulet – en iterativ process .....	41
Checklista – för värdering utifrån principer och behov .....	42
Tillämpning av metod – exempel buller och luft .....	42
Användarfall – användarkort för identifiering av målgrupp och behov .....	43
Exempelbank – konceptkort för val av visualiseringsmetod.....	45
<b>Slutsatser och rekommendationer .....</b>	<b>46</b>
Rekommendationer .....	47
<b>Referenser.....</b>	<b>49</b>
<b>Bilaga 1. Publikationer och kommunikationsaktiviteter inom projektet .....</b>	<b>51</b>
Publikationer inom projektet.....	51
Kommunikationsaktiviteter inom projektet.....	53
<b>Bilaga 2. Utvärdering med användare .....</b>	<b>55</b>

# Korta fakta om

## **Finansiärer och partners:**

Huvudfinansiering från Trafikverket (diariern TRV 2021/5335, TRV 2020/9876) och medfinansiering från CMB (projektnr 187) samt Adlerbertska forskningsstiftelsen (beslut C 2022-0754).

I MiljöVIS I ingick även finansiering från ICT Area of Advance Chalmers (Dnr C 2018-1637).

Projektet kopplas till Digital Twin Cities Center (DTCC) som stöds av Vinnova (anslagsnr 2019-00041) och genomförs med visualiseringshjälp från forskningsinfrastrukturen InfraVis, finansierat av Vetenskapsrådet (2021-00181).

## **Projektperiod:**

1 jan 2020 – 30 april 2021 (MiljöVIS I) och 1 jan 2022 – 31 dec 2024 (MiljöVIS II)

## **Projektgrupp:**

*Beata Stahre Wästberg*, Chalmers, Inst. för Data- och informationsteknik

*Monica Billger*, Chalmers, Inst. för Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

*Liane Thuvander*, Chalmers, Inst. för Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

*Susanne van Raalte*, Trafikverket, CF Ekonomi & styrning

*Fabio Latino*, Chalmers, Fysik, E-commons (InfraVis)

*Orfeas Eleftheriou*, Chalmers (InfraVis, DTCC)

*Vasilis Naserentin*, Chalmers, Inst. för Matematiska vetenskaper (DTCC, InfraVis)

*Lina Zachrisson*, Chalmers, Inst. för Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

*Jessica Lundin*, Chalmers, Inst. för Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

*Magnus Palm*, Trafikverket, Verksamhetsområde Planering

*Daniel Sjölie*, Högskolan Väst, Avdelningen för informatik (InfraVis, DTCC)

## **Referensgrupp för MiljöVIS I:**

*Frida Angelöw*, Trafikverket, VO Planering, Transportkvalitet, Hälsa

*Maria-Luisa Botella-Botella*, Trafikverket, VO Investering, Teknik och Miljö

*Karin Blidberg*, Trafikverket, VO Planering, Transportkvalitet, Hälsa

*Mattias Roupé*, Chalmers, Inst. för Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

*Bernd Ketzler*, Chalmers Industriteknik CIT (koordinator DTCC)

*Jens Forssén*, Chalmers, Inst. för Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

**Referensgrupp för MiljöVIS II:**

*Jens Ahrens*, Chalmers, Inst. för Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

*Jens Forssén*, Chalmers, Inst. för Arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

*Mia Becker*, Trafikverket, VO Investering, Teknik och Miljö

*Hung Nguyen*, Trafikverket, VO Planering, Transportkvalitet, Hälsa

*Oskar Hagefalk*, Trafikverket, VO Planering, Transportkvalitet, Hälsa

**Projektledare och kontaktperson:**

*Beata Stahre Wästberg*, [beata.wastberg@chalmers.se](mailto:beata.wastberg@chalmers.se)

# Sammanfattning

Trafikverket använder objektorienterade informationsmodeller (samordningsmodeller i 3D) för att visualisera stora och komplexa infrastrukturprojekt. Kraven på hur man visuellt ska representera objekt i dessa modeller är dock ofta vaga, vilket leder till att projekten visar samma typ av data på olika sätt. Dessutom inkluderas inte alla data som rör miljömässiga och sociala aspekter, vilket gör det övergripande innehållet i modellen svårt att förstå för användarna.

Genom en intuitiv och tillgänglig design kan olika målgrupper bättre förstå komplexiteten i projektförslagen och konsekvenserna av olika planeringsalternativ. Att använda ett enhetligt formspråk för visualisering i modellerna kan bidra till en bättre helhetssyn, förbättrad kvalitetssäkring och effektivare beslutsfattande som i förlängningen kan underlätta för mer hållbara lösningar.

Luftföroreningar och buller är exempel på osynliga miljöfaktorer som har stor påverkan på både miljön och människors hälsa, och som i sin tur påverkas av urbana utvecklingsprojekt. Eftersom de är osynliga kan sådana parametrar vara svåra att förstå. I detta forskningsprojekt (MiljöVIS), ett samarbete mellan Chalmers tekniska högskola och Trafikverket, har vi studerat hur man bäst integrerar och kombinerar olika visualiseringslösningar för miljöområdena buller och luft, och deras koppling till sociala effekter.

Ett designbaserat iterativt tillvägagångssätt har tillämpats, som involverar forskare, designers, programmerare och användare. Metoderna omfattar 1) inventering av målgrupper och deras behov, 2) identifiering av designlösningar för luft, buller och sociala konsekvenser, 3) utveckling av två testplattformar (en sandlådmodell och en storskalig modell), 4) utveckling av designkoncept och 5) användartester genom fokusgrupper, workshops och intervjuer.

Projektet visar att det finns ett behov av mer standardiserad visualisering när det gäller representation av data i 3D. Framtida krav kan exempelvis komma att underlätta kvalitetssäkring, hjälpa till att identifiera målkonflikter, samt minimera osäkerheter och risker. Projektet har därför tagit fram en metod för mer enhetlig visualisering i form av strategier och principer som kan anpassas till olika behov. Sammanfattningsvis bidrar projektet med kunskap om hur visualisering av osynliga data kan spela en viktig roll för att öka medvetenheten om och förståelsen för komplexiteten i stadsutveckling.

Rapporten riktar sig främst till specialister och samhällsplanerare på Trafikverket, samt till forskare och yrkesverksamma inom visualiseringsområdet. Projektets resultat är i slutändan tänkt att gynna kommunikationen med den berörda allmänheten.

# Inledning

Digital visualisering är en effektiv metod för analys, kommunikation och beslutsfattande som riktar sig till olika grupper i stadsplaneringsprocesser. En central utmaning ligger i hur man visualiserar informationsinnehåll för att skapa bästa förståelse för olika slutanvändare. Trots vikten av väl genomtänkta data-visualiseringar saknas ofta kunskap om hur dessa ska utformas, och det finns i allmänhet inga officiella visualiseringsstandarder att hänvisa till. MiljöVIS-projektet fokuserar på att synliggöra "det osynliga" genom att utveckla strategier och metoder för tydligare och mer intuitiva sätt att representera 3D-visualisering av komplexa miljödata och dess koppling till social hållbarhet.

## Utmaningar

Infrastrukturprojekt involverar flera olika aktörer, och besluten som fattas under planeringsprocessen får konsekvenser som kan leda till konflikter mellan olika intressen och mål. Effektiv visualisering kan spela en avgörande roll för att förbättra kommunikationen mellan olika aktörer i dessa projekt. Med en lättillgänglig design kan visualiseringar hjälpa olika målgrupper att förstå komplexiteten i projektförslag, analysera konsekvenser av olika planeringsalternativ och belysa potentiella målkonflikter. Genom att använda visualisering som ett verktyg för att tydliggöra sådana konflikter skapas en grund för inkludering och samsyn, vilket kan leda till bättre helhetsperspektiv, mer robusta beslutsunderlag och effektivare kvalitets-säkring under hela planerings- och byggprocessen. Detta förbättrar i sin tur samarbetet och möjliggör utformning och implementering av mer hållbara lösningar.

Luftföroreningar och buller är exempel på osynliga miljöfaktorer som har stor påverkan på både miljön och människors hälsa, och som i sin tur påverkas av urbana utvecklingsprojekt. Eftersom dessa faktorer inte är synliga för blotta ögat kan de vara svåra att förstå och ta hänsyn till i beslutsprocesser. MiljöVIS-projektet undersöker hur olika visualiseringslösningar bäst kan integreras för att tydligt representera data om buller och luftkvalitet, samt deras koppling till sociala konsekvenser, så som hälsa och tillgänglighet, som ett stöd för att hantera målkonflikter i komplexa projekt. Genom att utveckla metoder för att visualisera flera miljöaspekter samtidigt i en gemensam 3D-modell kan vi skapa en mer omfattande och realistisk bild av de rådande miljöförhållandena på en plats.

## Designval för visualisering

Visualisering har länge varit en central metod inom stadsplanering för att stödja analys, kommunikation, dialog och beslutsfattande. Tillgängliga och lättbegripliga visualiseringar är användbara verktyg i många typer av samarbeten. För att uppnå



effektivitet för olika ändamål och målgrupper krävs dock noggrant övervägande kring hur information visuellt representeras. Betydelsen av designval, estetik, funktionalitet och kontext för datavisualisering framhävs av flera forskare (Jacquinod & Bonaccorsi, 2019; Valkanova et al. 2015; van Lammert et al 2010).

Chen (2020) betonar vikten av att utveckla designmetoder för datavisualisering som balanserar estetik och funktionalitet, vilket kan ge värdefull vägledning för informationsdesigners. På liknande sätt diskuterar Metral et al. (2014) betydelsen av att välja rätt visualiseringstekniker för virtuella 3D-stadsmodeller, med hänsyn till faktorer som typ av information, användning, och sammanhang.

Estetiskt tilltalande element, såsom högdagrar, 3D-effekter, animationer, förenklingar, färganvändning och andra visuella effekter, kan förbättra tolkning, intuition och minnesförmåga (Brath et al, 2005). Olika målgrupper har skilda behov, och olika situationer kräver anpassade sätt att presentera data. Därför spelar designval som form och färg en avgörande roll. En visualiseringsteknik som är relevant när den används isolerat kan generera visuella inkompatibiliteter när de används i kombination med en annan teknik vid design av innehåll i 3D-stadsmodeller (Metral et al, 2014). Samara (2021) betonar att värdet av designexpertis inom visualisering ligger i förmågan att skapa mening ur komplex information. Datavisualiseringar utgör ofta grunden för att lekmän ska kunna fatta informerade beslut. När sådana visualiseringar designas utan kännedom om eller hänsyn till etablerade designprinciper riskerar de dock att förlora sin effektivitet som visuella kommunikationsverktyg (Samara, 2021).

## **Färg, formspråk och visuella element**

Färg är en central komponent inom visualisering och har stor påverkan på hur information tolkas. Weninger (2013) framhåller att färgskalor måste anpassas efter situationen där de används och dess specifika data, då felaktig färganvändning kan leda till missförstånd. I ett användartest fann hon att även deltagare utan färgblindhet hade svårigheter att skilja mellan rött och grönt, vilket illustrerar vikten av genomtänkta färgval (Weninger, 2013). Steinrucken och Plumer (2013) påpekar att uppfattningen av färger i kartor kan påverkas av flera faktorer, såsom individens färgseende, färgåtergivning på olika enheter och miljöfaktorer som ljusförhållanden i rummet eller utomhus. Därför är det nödvändigt att noga överväga färgval för att säkerställa tydlighet (Steinrucken & Plumer, 2013). Vidare kan storlek och skala på objekt, omgivande färger, kulturella referenser samt användarens förväntningar och tolkningar också påverka färgupplevelsen (Gombos et al, 2015). I 3D-visualiseringar tillkommer ytterligare faktorer som kan påverka hur färger uppfattas. Avstånd till objekt, deras glans, texturer och skuggor spelar en avgörande roll för färgupplevelsen i en 3D-miljö (Atli et al, 2020; Fridell Anter, 2017). Dessa aspekter måste tas i beaktande för att skapa visualiseringar som är både effektiva och användarvänliga.

Utöver färg är former ett annat centralt visuellt element som måste beaktas för att skapa tillgängliga och begripliga visualiseringar. Vid skapandet av visualiseringar som ska tolkas på ett avsett sätt är det viktigt att överväga flera aspekter vid valet av formspråk och visualiserings-element. I vår studie baseras definitionerna av de visuella elementen huvudsakligen på, och är anpassade från, Ware (2004). Dessa definitioner har också uppdaterats från en tidigare publicerad version i (Stahre Wästberg et al, 2021B). De visuella elementen delas in i fyra kategorier: geometriska former, visuella egenskaper, visuella tecken och rumsliga aspekter. Dessa förklaras mer ingående i den separata bilagan Exempelbanken.

## Syfte, mål och frågeställningar

Projektet MiljöVIS är tvärvetenskapligt och har syftat till att utveckla ny kunskap om hur digitala visualiseringslösningar kan användas för att visa miljödata i Trafikverkets storskaliga objektorienterade informationsmodeller, så kallade samordningsmodeller, på ett tillgängligt sätt. Specifika syften har varit att:

- definiera vilka visualiseringsmetoder, vilka detaljeringsnivåer och vilka perspektiv som lämpar sig bäst för att förmedla information på ett tydligt vis i ett visst sammanhang eller för en viss målgrupp.
- testa visualisering av målkonflikter med specialister och projektledare på Trafikverket.
- pröva hur väl lösningarna fungerar för kvalitetssäkring av samhällsbyggnadsprojekt - framför allt avseende representation för att kunna hantera och bedöma komplexa data med flera parametrar.

Följande frågeställningar har undersökts:

- Hur kan visualisering i en samordningsmodell förmedla information på ett tydligt vis så att samsyn kan skapas i kommunikation med olika målgrupper?
- Vilka visualiseringsmetoder fungerar för att kunna filtrera, hantera och bedöma komplexa data med flera parametrar i stadsbyggnadsprocesser?
- Hur kan visualisering i en samordningsmodell stödja kvalitetssäkring vid bedömningsprocesser?

Det övergripande målet med projektet har varit att förbättra representation av information i samordningsmodeller genom att utveckla underlag för ett framtida designspråk – en standard - för visualisering av komplexa data i 3D-modeller. På så sätt kan vi skapa ett tydligare kommunikationsmedel och ett effektivare beslutsunderlag, och bidra till enklare kvalitetssäkring under planerings- och

byggprocessen. Ett ytterligare mål har varit att i dessa modeller enklare kunna förutse hälso- och hållbarhetseffekter av olika åtgärder, samt att kunna se synergier och konflikter mellan olika målbilder.

Projektet har tagit fram två typer av resultat: 1) visualiseringskoncept för att visa osynliga data inom miljöområdena buller, luft och sociala konsekvenser, och 2) baserat på detta en strategi och metod för att visualisera data i 3D. Fokus har varit på Trafikverkets miljöområden buller, luft och sociala konsekvenser.

## **Projektets omfattning, utgångspunkter och avgränsningar**

MiljöVIS-projektet består av två delar: MiljöVIS I (1 januari 2020 till 30 april 2021) och MiljöVIS II (1 februari 2022 till 31 december 2024).

Planerings- och designprocesser hos Trafikverket består av flera olika skeden. Detta projekt fokuserade på det tidiga planeringsskedet Lokaliseringsutredning, där samordningsmodellen etableras och miljöaspekterna har störst inverkan. Miljödatan som studerades i projektet baserades på miljöområden definierade av Trafikverket med fokus på aspekterna buller, luftkvalitet och social hållbarhet. I MiljöVIS I-projektet fokuserade vi främst på buller. MiljöVIS II handlade om att skapa samma kunskapsplattform även för områdena luftkvalitet och sociala faktorer som utgångspunkt för mer komplexa designlaborationer.

Vi har utgått ifrån att utvecklingen av samordningsmodeller går mot en framtida automatisering, där Trafikverkets specialister ska kunna ta fram och hantera modellerna utan hjälp från underkonsulter. Det är med detta som förtecken som vikten av gemensamma, väl genomtänkta designval kommer att spela en stor roll.

Övriga utgångspunkter är:

- Visualisering av osynliga och abstrakta data, dvs inga synliga parametrar. Dessa visas dock i modeller som har synliga objekt såsom hus, infrastruktur, etc.
- Innehållet i en 3D-modell, inte gränssnittet.
- Visualiseringskoncepten ska vara neutrala och kunna leda till neutrala, faktabaserade beslut.
- Scenarios för att kunna visa olika målgruppers behov.
- Vi förhåller oss inte till om man vill exkludera information pga. sekretess mm.

---

## Läs vidare

### Information om projektet MiljöVIS:

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, van Raalte, S. (2024), *Strategier för 3D-visualisering – Målkonflikter i infrastrukturprojekt*. CMB. 2024.

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, L., Latino, F., Somanath, S., van Raalte, S. (2021A) *MiljöVis: Effektiv representation av miljödata i digitala modeller*. Trafikverket. 2021.

Stahre Wästberg, B., Thuvander, L., van Raalte, S. & Billger, M. (2021B). *Att synliggöra det osynliga – Kartläggning av representation av miljödata i digitala modeller*. Trafikverket. 2021.

---

# Metod och genomförande

Vi har tillämpat en designbaserad forskningsmetodik med en iterativ process för att identifiera och utveckla koncept för visualisering av osynliga data med fokus på områdena buller, luft och social hållbarhet. De framtagna koncepten har utvärderats tillsammans med relevanta målgrupper i workshoppar, fokusgruppsdiskussioner och intervjuer.

Studien har både kvalitativa och kvantitativa inslag med fyra metodiska tillvägagångssätt:

## **Inventering:**

- Målgrupper
- Konsekvenser och målkonflikter
- Visualiseringskoncept och tillämpningar

## **Utveckling av testplattformar:**

- Förenklad testbäddsmodell (sandlådemodell)
- Storskalig 3D-modell

## **Utveckling av visualiseringskoncept för:**

- Olika behov
- Mål- och intressekonflikter

## **Utvärdering med användare:**

- Användartester

## **Inventering**

I projektet identifierades målgrupper och användarbehov, liksom konsekvenser och målkonflikter. Vidare genomfördes en inventering av visualiseringskoncept och tillämpningar, samt en kartläggning av visualisering av sociala faktorer och hur yrkesverksamma arbetar med 3D visualiseringar. Områdena vi fokuserat på är buller, luft och sociala konsekvenser.

## Målgrupper

Målgrupper och användarbehov identifierades genom litteraturstudier samt intervjuer, workshoppar och fokusgruppdiskussioner med primärt Trafikverkets specialister inom områdena luft, buller och social hållbarhet, men även med forskare samt anställda på kommun och inom privata sektorn. En ytterligare utgångspunkt var resultat från ett parallellt pågående projekt på Trafikverket, LAVIS, som fokuserade på att identifiera användargrupper och deras behov av visualiseringar med avseende på användbarhet, funktionalitet och användargränssnitt (LAVIS slutrapport 2024). För att kunna ta fram inkluderande visualiseringskoncept undersöktes ytterligare en målgrupp; användare med särskilda behov - i vårt projekt personer med avvikande färgseende.

## Konsekvenser och målkonflikter

Konsekvenser och målkonflikter identifierades i workshoppar med Trafikverkets specialister. I dessa undersöktes hur deltagarna arbetar med konsekvenser och målkonflikter idag, samt vilka målkonflikter som man skulle vilja kunna visualisera i 3D. Deltagarna fick ge exempel på olika typer av konsekvenser som de kan behöva hantera inom infrastruktur-utveckling, olika målkonflikter som detta kan leda till, samt hur dessa visualiseras idag. Dessutom diskuterades hur 3D-visualisering kan öka förståelsen och främja säkrare beslut.

## Visualiseringskoncept och tillämpningar

Befintliga visualiseringskoncept undersöktes genom en inventering av vanligt förekommande designval och begrepp. Fokus låg på representation (designval relaterade till olika miljöområden och till 3D-modeller), dimension (2D eller 3D), perspektiv (vypunkter i modellen), skala (förhållandet mellan avstånd i verkligheten och i representationen) samt detaljeringsgrad (kopplad till skala).

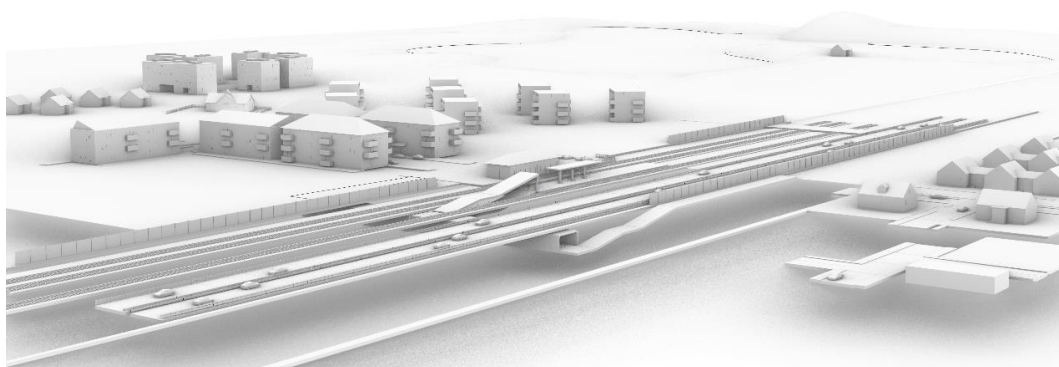
Kopplat till detta genomfördes en omvärldsanalys som omfattade projekt inom buller, luft och social konsekvensanalys samt exempel på stadsmodeller för digitala tvillingar.

## Utveckling av testplattformar

För att testa olika visualiseringskoncept i olika digitala miljöer användes två typer av 3D-modeller som testplattformar. Den primära plattformen var en förenklad så kallad sandlådmodell som utvecklades inom projektet, Bild 1A och B (Stahre Wästberg et al 2021A, s 18–20). Modellen byggde på enbart fiktiva data, både

avseende geografi, byggnation och osynliga faktorer, och var anpassad för att fokusera på de aspekter som vi, i samråd med våra målgrupper, identifierade som relevanta. Sandlådemodellen utvecklades primärt i Rhino (mjukvara för 3D-modellering och design) och Unreal Engine (spelmotor).

Den andra plattformen var en storskalig demonstrationsmodell, baserad på ett av Trafikverkets investeringsprojekt och utvecklad av Digital Twin Cities Centre på Chalmers. Modellen baserades på data från Lantmäteriet och Trafikverket. Hit överfördes lösningar från sandlådemodellen för att testas i en större skala och med verkliga data. Visualiseringsplattformen baserades på flera programvaror med öppen källkod. Den storskaliga modellen utvecklades primärt i Unreal Engine.



**Bild 1.** Skärmsklipp från sandlådemodellen, baserad på fiktiva data.



**Bild 2.** Skärmsklipp från den storskaliga modellen, baserad på verkliga data.

## Lista på använda programvaror

Utveckling av prototyper för visualiseringslösningarna gjordes på en förenklad testplattform, i en så kallad sandlådmodell. Utvalda lösningar testades sedan för kombinerade data från de olika områdena i en storskalig 3D-modell på Digital Twin City Centers 3D-plattform. Flera programvaror används för att utveckla lösningarna på dessa plattformar:

- Unreal Engine (öppen källkod för 3D-modellering och spelutveckling).
- Rhinoceros (industriell programvara för 3D-modellering och CAD)
- FEniCS Project (öppen källkod för vetenskapliga simuleringar)
- Gmsh (öppen källkod för nätgenerering)
- IPS IBOFlow (industriell programvara för komplexa strömningssimuleringar utvecklat av Chalmers-Fraunhofer Centrum för industrimatematik)

## Utveckling av visualiseringskoncept

I designlaborationerna utforskades visualiseringskoncepten inom de valda områdena var för sig och i kombination i sandlådmodellen med fiktiva data. Koncepten togs fram och utvärderades iterativt och i samarbete mellan projektets forskare, designer, utvecklare och representanter för tänkta användare, dvs olika målgrupper genom workshoppar, fokusgrupper och intervjuer.

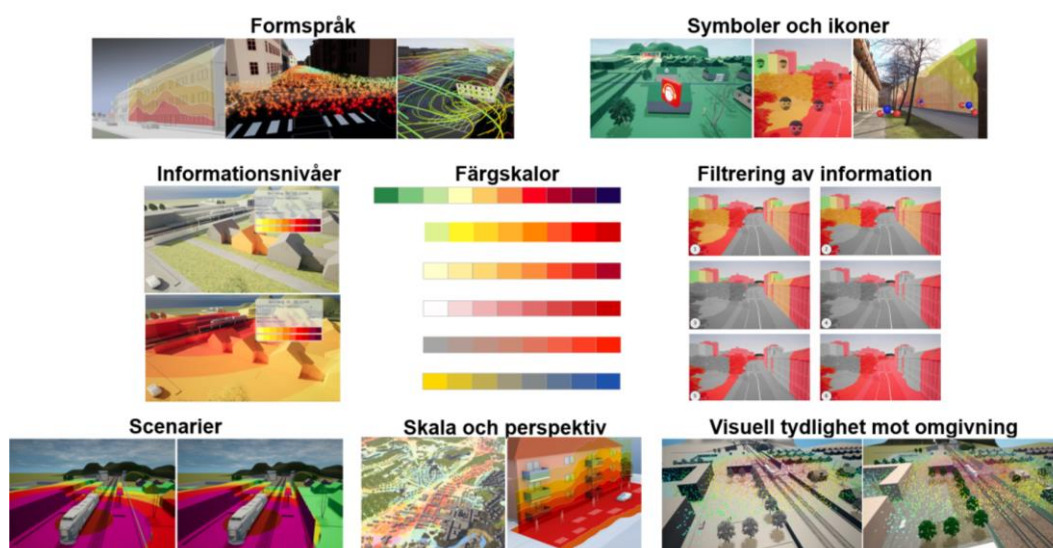
Visualiseringskoncepten utforskade olika typer av aspekter. Dessa kan sammanfattas enligt följande:

- 1) Visuella egenskaper (färgskalor, heatmaps, skraffering, mönster, uttryck, detaljeringsgrad, visuell tydlighet mot bakgrunden)
- 2) Geometriska formspråk (ytor, linjer, punkter, volymetriska objekt, rutnät, staplar)
- 3) Visuella tecken (symboler och ikoner)
- 4) Rumsliga egenskaper (rörelse, skala, perspektiv)

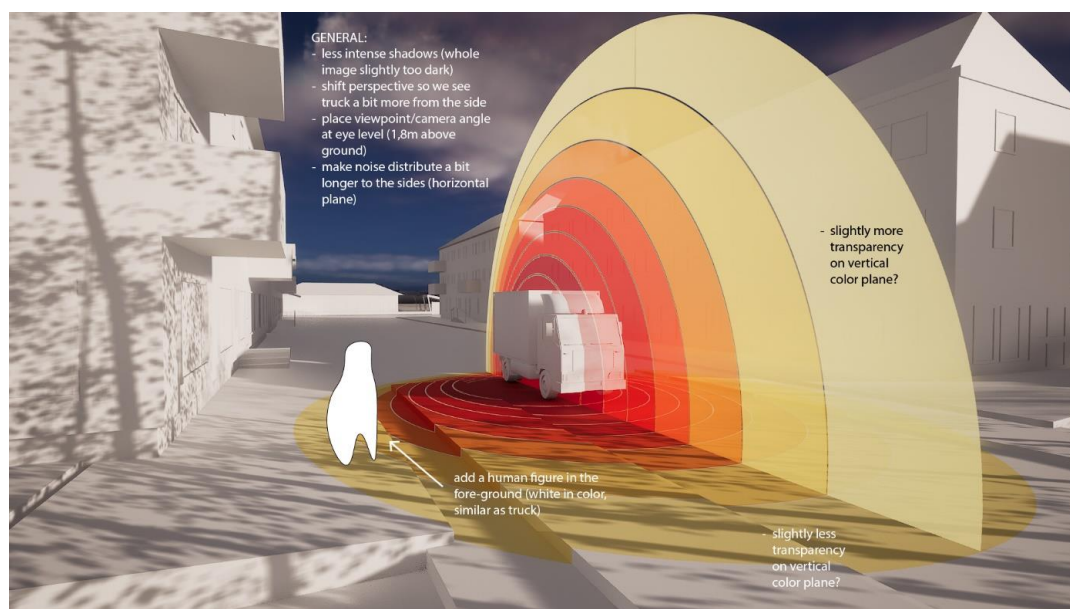
Även om interaktion inte stod i fokus för utvecklingsarbetet diskuterades även hur man kan filtrera information, samt hur man kan visa olika informationsnivåer (informationsrutor) och olika scenarier.

Konceptens användbarhet för de olika områdena luft, buller och sociala konsekvenser utvärderades – både fristående och i kombination. Olika visualiseringslösningar för att visa förslag, konsekvenser och målkonflikter kopplade till urban planering av infrastrukturprojekt testades i fiktiva scenarier, både i sandlådmodellen och i den storskaliga modellen.

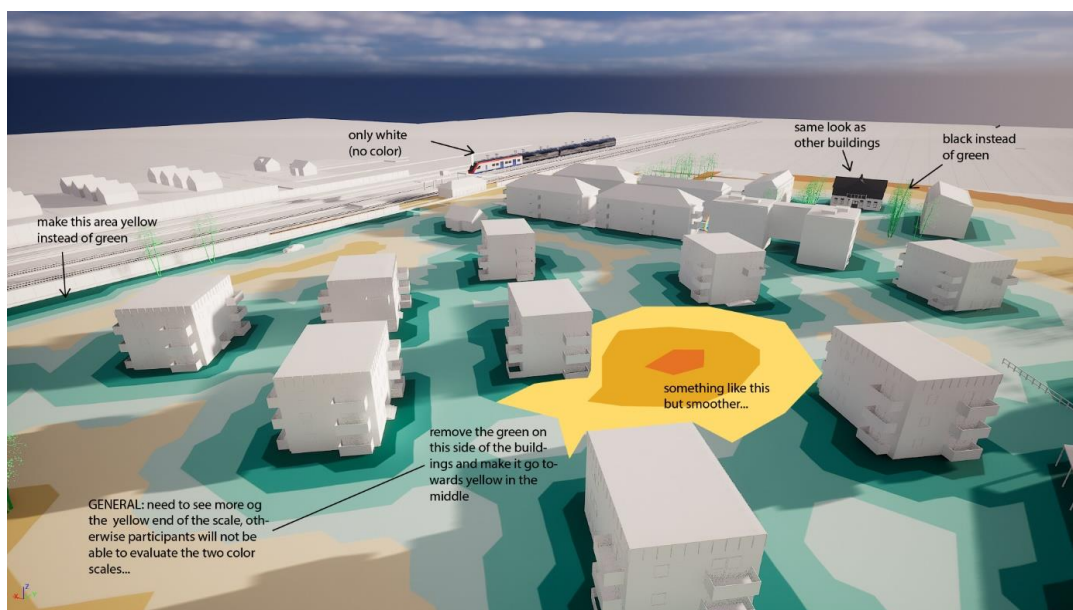




**Bild 3.** I projektet utforskades olika formspråk, bland annat genom visualisering av olika kombinationer av densitet, storlek och transparens för data. Olika typer av färgskalor undersöktes, liksom visuell tydlighet av data gentemot den omgivande modellen. Symboler och ikoner som informationsbärare studerades, samt hur man kan visa avgränsad och fördjupad information i en 3D-modell. Visualisering av scenarier i 3D har också utforskats, liksom filtrering av data för buller, luft, hälso- och hållbarhetseffekter.



**Bild 4.** Exempel från den iterativa processen i utvecklingsarbetet med att ta fram visualiseringskoncept i sandlådemodellen.



**Bild 5.** Exempel från den iterativa processen i utvecklingsarbetet med att ta fram visualiseringskoncept i sandlådemodellen.

## Visualisering för olika behov

Visualiseringskonceptens anpassning för olika målgrupper baserades på resultat från identifieringen av olika målgrupper och dessas önskemål och behov. Olika koncept kopplade till fiktiva scenarier innehållande relevanta parametrar utvecklades. Här tittade vi bland annat på hur man kan filtrera data för att fokusera på det som en viss målgrupp finner relevant för just dem, liksom olika gruppers behov av detaljerad information. Val av färg och formspråk i relation till användare utforskades.

Färgkodad information kan vara svår att tolka och associera till för personer med avvikande färgseende. Även om det finns anpassade färgskalor för 2D, saknas kunskap om hur dessa fungerar i interaktiva 3D-modeller. I en särskild användarstudie undersöktes hur personer med avvikande färgseende uppfattade ett antal anpassade färgskalor i en 3D-modell. Intervjuer med tillhörande övningar genomfördes med personer med avvikande färgseende och en referensgrupp med normalt färgseende. Syftet var att identifiera vilka färgskalor som är mest lämpliga att använda i 3D-modeller för användare med avvikande färgseende.

## Visualisering av mål- och intressekonflikter

Utveckling av visualiseringskoncept för mål och intressekonflikter baserades framför allt på resultat från en riktad workshop med specialister och projektledare på Trafikverket. Workshopdeltagarna identifierade typiska situationer där målkonflikter kan förekomma och dessa fick ligga till grund för ett utforskande

arbete med olika typer av visualiserings-koncept, inklusive aspekter som skala, perspektiv, rörelse i modellen och intresseområden.

Arbetet omfattade en rad abstrakta scenarier där minst två olika data-set integrerades i samma visualisering. Ett viktigt steg i processen var att definiera det mest lämpliga formspråket för områden som buller, luftkvalitet och social hållbarhet, samt för kombinationer av dessa områden.

## **Användartester och utvärdering**

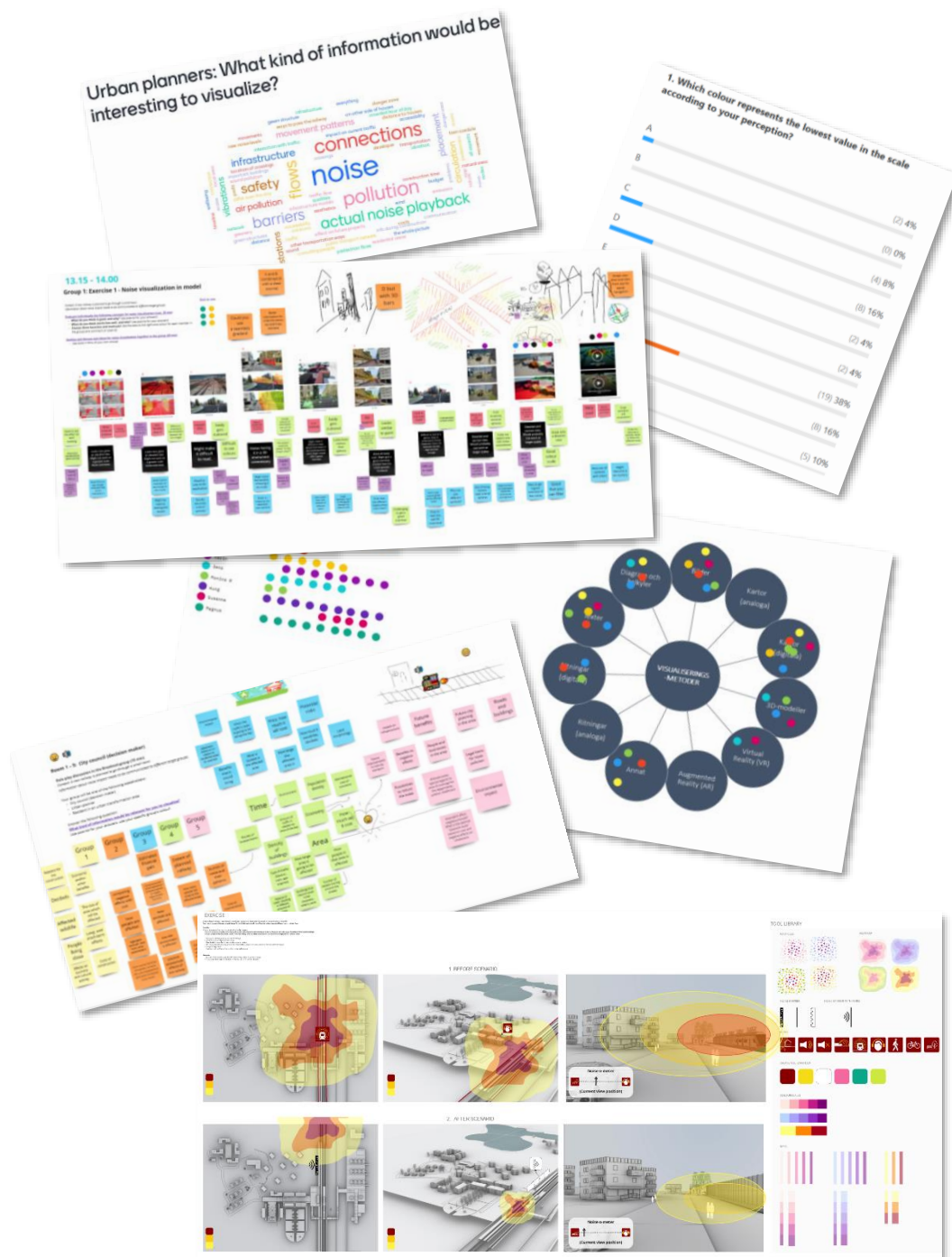
Utvärderingen av målgruppernas behov och visualiseringskoncept skedde iterativt genom hela projektet via workshoppar, fokusgruppsdiskussioner, intervjuer, samt intern utvärdering inom projektgruppen.

I totalt sju workshoppar och en fokusgruppsdiskussion deltog specialister och projektledare från Trafikverket inom buller, luft och social hållbarhet, yrkesverksamma inom visualisering samt studenter från Chalmers och Göteborgs universitet inom arkitektur och interaktionsdesign. Workshoppar och fokusgruppsdiskussioner med yrkesverksamma samlade 44 deltagare, medan workshoppar med studenter totalt hade 254 deltagare. Dessa aktiviteter var anpassade efter målgrupper och fasen i projektet där de genomfördes. Samtliga workshoppar och fokusgruppsdiskussioner genomfördes digitalt, på online-mötesplattformen Zoom. Interaktiva verktyg som användes var online-whiteboarden Miro och omröstnings-apparna Mentimeter och Zoom poll. I workshopparna fick deltagarna genomföra uppgifter både individuellt och i grupp, samt alla tillsammans. Vi testade bland annat färgseende och färgförståelse, olika sätt att representera miljödata i 3D, upplevelse av färgskalor i modellen, samt kartlade behov och önskemål.

En sammanställning av resultat från tre av workshopparna finns att läsa i den separata Bilaga 3.

Utöver detta hölls individuella intervjuer med fyra specialister på Trafikverket och två forskare på Chalmers för att fördjupa förståelsen av deras visualiseringsbehov inom sina respektive områden, kartlägga utmaningar, identifiera viktiga publikationer, samt befintliga arbetsmetoder.

I en separat studie intervjuades nio yrkesverksamma inom urban planering för att studera hur dessa tolkar 3D-visualiseringar baserade på olika visualiseringsprinciper. Intervjuerna användes som underlag för inriktning på designlaborationerna.



**Bild 6.** Exempel på ett Miro-bord, en online-whiteboard från ett grupparbete i en av våra workshoppar. Bilden visar en övning där deltagarna själva får designa scenarios med bullerpåverkan med hjälp av ett bibliotek av designverktyg.

---

## Läs vidare

### **Kartläggning av visualiseringskoncept och tillämpningar:**

Stahre Wästberg, B., Thuvander, L., van Raalte, S. & Billger, M. (2021B). Att synliggöra det osynliga - Kartläggning av representation av miljödata i digitala modeller. Trafikverket. 2021, s 20–32.

### **Visualisering av sociala faktorer:**

Thuvander, L., Billger, S., Billger, M.; Stahre Wästberg, B., "Review on social sequences and visualization", planeras publiceras i: Sustainable Cities and Society, 2025.

### **Sandlådemodellen:**

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, L., Latino, F & van Raalte, S. (2023). A Proposed Workflow for Conceptual Visualization Studies in Urban 3D-Models. In: Proceedings for CUPUM 2023 - 18th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Montreal, Kanada. Juni 20–22, 2023.

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, L., Latino, F., Somanath, S., van Raalte, S. (2021A) MiljöVis: Effektiv representation av miljödata i digitala modeller. Trafikverket. 2021.

### **Den storskaliga demonstrationsmodellen:**

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, L., Latino, F., Somanath, S., van Raalte, S. (2021A) MiljöVis: Effektiv representation av miljödata i digitala modeller. Trafikverket. 2021 (s 20).

### **Arbetsprocess för procedurell visualisering med geodata:**

Somanath, S.; Naserentin, V., Eleftheriou, O.; Sjölie, D., Stahre Wästberg, B., & Logg, A. "Towards Urban Digital Twins: A Workflow for Procedural Visualization Using Geospatial Data". Remote Sens. 2024, 16, 1939. <https://doi.org/10.3390/rs16111939>.

### **Utveckling och utvärdering av visualiseringskoncept:**

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, L., Latino, F., Somanath, S., van Raalte, S. (2021A) MiljöVis: Effektiv representation av miljödata i digitala modeller. Trafikverket. 2021

Latino, F.; Stahre Wästberg, B., Billger, M. (2025), Exploration of the perception of design choices for visualizing qualitative data in 3D, Planeras publiceras i: Proceedings for CUPUM 2025 - 19th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, London, England. 23–27 juni 2025.

**Målgrupper och användarbehov:**

Sundberg, A., Rindborg, J., Backhans, G., Samuelsson, G., Lundberg, M. (2024) Rapport 2024:11, Där landskapet möter anläggningen, LAVIS 2.0, Slutrapport, RISE Research Institutes of Sweden AB, Trafikverket.

**Visualisering av målkonflikter:**

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, van Raalte, S. (2024), Strategier för 3D-visualisering – Målkonflikter i infrastrukturprojekt. CMB. 2024.

**Visualisering för inkludering:**

Zachrisson, L., Lundin, J., Billger, M.; Stahre Wästberg, B. "The saliency of visualized environmental data in urban 3D models: A user study on colour scales for colour vision deficiency", planeras publiceras i: International Journal of Geographical Information Science, 2025.

---



# Resultat

I detta kapitel sammanfattar vi resultat från inventeringen och utveckling av visualiseringskoncept. För fördjupad information hänvisar vi i slutet av kapitlet till vidare läsning.

## Målgrupper

Olika målgrupper identifierades under projektets gång. Målgrupperna delades upp i två kategorier: *användare* (specialister/projektledare) och *mottagare* (allmänheten) av information. Uppdelningen baserades delvis på resultat från det parallellt pågående projektet LAVIS, som fokuserade på att identifiera användargrupper och deras behov av visualiseringar med avseende på användbarhet, funktionalitet och användargränssnitt genom utveckling av så kallade användarfall (LAVIS slutrapport 2024, s 74–75). MiljöVIS bidrog till LAVIS-projektet med exempel på användarfall (Bild 7). Jämfört med LAVIS så fokuserar MiljöVIS på avancerade användare och visualiseringsbehov. Trafikverkets specialister och projektledare är den målgrupp som vi primärt kom att arbeta med.

ID: 1	Tema: Kvalitetssäkring	ID: 2	Tema: Kvalitetssäkring
Som specialist vill jag säkerställa att projektets krav är omhändertagna för att kunna verifiera byggbarhet, hållbarhet och underhållsmässighet.		Som specialist vill jag säkerställa att alla konsekvenser är synliggjorda för att projektledaren ska kunna fatta välgrundade beslut.	
Avancerad användare	Verifierat genom ...	Avancerad användare	Verifierat genom ...
ID: 3	Tema: Kvalitetssäkring	ID: 4	Tema: Kvalitetssäkring
Som projektledare vill jag omhänderta alla målkonflikter för att kunna garantera att alla intressenter har fått göra sin röst hörd.		Som projektledare vill jag omhänderta alla risker för att kunna garantera ett säkert genomförande av projektet.	
Avancerad mottagare	Verifierat genom ...	Avancerad mottagare	Verifierat genom ...

**Bild 7.** Exempel på visualiseringsanvändarfall för målgrupperna "avancerad användare" och "avancerad mottagare".

## Vilka visualiseringsbehov finns?

Trafikverkets specialister ser ett generellt behov av visualisering och 3D-upplevelse för att skapa gemensam förståelse för en plats samt för analysarbete. Det finns en mångfald av sätt att visualisera och representera miljödata. Mångfalden kan bero på trender inom visualisering, tekniska möjligheter i programvaror, eller individuella preferenser. Ett vanligt utförande är att programvarors inbyggda färgskalor och visualiserings-alternativ ofta blir inofficiella standarder inom vissa områden. Till exempel har den regnbågsskala som används i beräkningsprogrammet Soundplan blivit en de facto-standard för bullervisualisering. Samtidigt saknas ofta formella standarder för färgskalor inom områden som buller, luftkvalitet och sociala aspekter. Även inom forskningslitteraturen är diskussionen om standardiserad datavisualisering inom samhällsplanering begränsad. Denna variation samt avsaknaden av en procedur för hur data ska representeras leder till att samma information ofta visualiseras på olika sätt. Denna brist på enhetlighet skapar utmaningar, exempelvis vid behov av gemensam förståelse och samsyn i projekt, samt när konsistens i indata är nödvändig, som vid upphandlingskrav för konsulter. För att underlätta förståelse och samarbete vore det värdefullt med standardisering, exempelvis av färger och symboler, för att främja en mer enhetlig kommunikation.

Användarna vill kunna visa olika gruppers perspektiv, som exempelvis barn, fotgängare och cyklister, och att synliggöra de potentiella konflikter eller svårigheter som exempelvis en vägkorsning medför. Särskilt betonades vikten av att skildra platsupplevelser, hur människor rör sig, och hur vi påverkas av infrastrukturen. Topografi och synlighet nämndes också som andra centrala faktorer.

Animering efterfrågas för att kunna visa rörelser och siktlinjer, exempelvis genom att lägga in kameraåkningar med drönarperspektiv för att kunna följa topografin och få en 360 graders överblick över upplevelsen av hur en framtida anläggning kommer att påverka den befintliga platsen. Drönar-perspektivet har lyfts fram för att kunna göra nätverksanalyser av exempelvis befintliga fysiska stråk. Att kunna visualisera även sådant som finns under mark är viktigt. Tunnlar är ett exempel på en anläggning med många perspektiv och målkonflikter, som man skulle vilja visa i en 3D-modell.

Avseende luft och buller efterfrågades att kunna visa upplevelsen av detta gemensamt, dvs och att kunna förstå vilken påverkan man utsätts för när man rör sig på en plats och vad nivåerna faktiskt innebär, liksom att kunna visa områden som är extra utsatta, där olika parametrar krockar. Dessutom lyftes behovet av att visa barriäreffekter som en järnväg kan orsaka för funktionsområden som kräver låga bullernivåer, exempelvis sjukhus med tysta zoner.

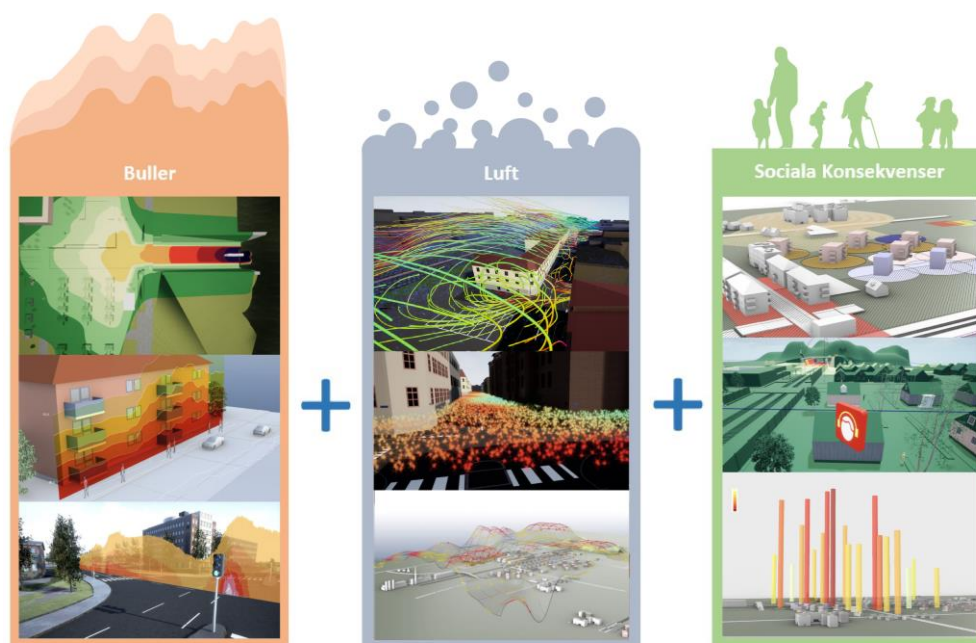


## Visualiseringskoncept för miljöområdena

Miljöområdena Luft och Buller har vissa tydliga likheter. Båda är osynliga företeelser, utan geometrisk form men med en tydlig tredje dimension. Båda bygger på kvantitativa, mätbara värden och visualiseras traditionellt i 2D, ofta som ett enda lager på kartor. På senare tid har dock 3D-visualisering blivit vanligare, ofta i kombination med 2D-heatmaps för att illustrera osynliga parametrar som luft och buller.

Sociala konsekvensanalyser (SKA) utgör ett bredare och mer komplex område som kombinerar kvalitativa och kvantitativa data. SKA kan visualisera känsliga kulturmiljöer, skolor eller platsers upplevda trygghet, med hjälp av exempelvis områdesmarkeringar, linjer, punkter, ikoner och volymetriska objekt. Dessutom används heatmaps för att visa densitet av socio-ekonomiska data, platsanvändning och upplevelser.

Inom projektet togs metoder fram på hur man kan visualisera olika aspekter av buller, luft och sociala konsekvenser, både separat och i kombination baserat på olika visualiseringskoncept (Bild 8). Exempel på de olika visualiseringskoncepten med förslag på inom vilket eller vilka områden de lämpar sig finns presenterade i det separata dokumentet Exempelbanken (Bild 9). Exempelbanken kan ses både som ett fristående projektresultat, liksom ett underlag för den presenterade strategin och metoden för visualisering i 3D.



**Bild 8.** Inom projektet har metoder tagits fram på hur man kan visa dataset i en 3D-modell med fokus på områdena buller, luft och sociala konsekvenser. Med sociala konsekvenser avses här hälsa och välbefinnande, trygghet och tillgänglighet.

### Horizontal heatmap: Draped on ground and objects

6

Advantages	Disadvantages	Comments
<b>Comprehension</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ People recognize it</li> <li>○ Visually correlated to a 2D-map</li> <li>○ Can be adjusted in steps according to needs</li> <li>○ Can be divided according to what needs to be shown (threshold values, "good"/"bad" places, etc)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Does not convey detailed information</li> <li>○ Needs a legend to explain the colours</li> <li>○ Abstract, "what does the colours really mean"?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Important to consider (which) colours to convey the correct interpretation! The colours in a rainbow scale can connote too large differences between steps</li> <li>○ Important to consider the visual combination with heatmap and underlying colours. If made more transparent (to visually combine heatmap and background colours) the heatmap might lose some of its "visual value".</li> </ul>
<b>Visibility</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visible/clear</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Obscures to some extent the underlying model (colours)</li> </ul>	
<b>Scale and perspective</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Versatile; can be used in different scales and perspectives</li> </ul>		
<b>Combinability</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Can be combined with e.g. symbols/icons, volumetric visualizations, hatchings and grids etc.</li> </ul>		
Suitable for: noise (and air)		

**Bild 9.** Ett av visualiseringskortet, här för horisontella heatmaps, hämtat från Exempelbanken. I Exempelbanken listas och sammanfattas de framtagna visualiseringskoncepten. Varje koncept illustreras med bildexempel. Fördelar och nackdelar utifrån olika aspekter går igenom, liksom generella kommentarer. Nederst på sidan ges förslag på områden som konceptet lämpar sig för.

## Visualisering för inkludering

Val av färgskala och dess associationsvärden har större betydelse för förståelsen av en datavisualisering än vad man skulle kunna tro, speciellt för personer med någon form av avvikande färgseende. Om en färgskala anses lämplig eller olämplig är starkt kopplat till de associationer som den ger. Röd-gula färgskalor har bra associationsvärden både hos personer med normalt färgseende och med avvikande, vilket även verkar bidra till en ökad tydlighet (Bild 10A). I studien uttryckte personer med avvikande färgseende oftare än normalseende om en skala var "lämplig" eller "olämplig".

När det kommer till en färgskalans egenskaper är valet av skala och dess färgsammansättning viktig. För att personer med avvikande färgseende ska kunna tolka färgskalan bör den gå från ljus till mörkt (Bild 10B). Likaså bör kontrasten mellan färgerna i skalan vara tillräckligt stor för att skalans steg tydligt ska kunna urskiljas, dvs stegen bör vara jämna men väl urskiljbara. Samtidigt är det viktigt att man upplever att skalan är en gradient, dvs att färgerna visuellt hänger ihop. Personer med avvikande färgseende förlitar sig mer på mörkhet/ljushet när de "navigerar" bland färger, vilket medför att om en skala inte upplevs gå från ljus till mörk upplevs den som otydlig.

Den visuella relationen mellan färgskala och den omgivande geometrin i 3D-modellen behöver beaktas då 3D är betydligt mer komplext än exempelvis en 2D-karta. Komplexiteten (såsom skuggor, svårlästa geometrier, färgskalans transparens) försvårar tolkningen och gör färgerna mindre urskiljbara. Om framför allt de yttersta färgfälten i en skala är för lika bakgrunden (i värme, kulör eller ljushet) blir de svåra att urskilja. Studien visade att varma färger blir tydligare mot en monokrom, kall bakgrund. Om bakgrunden är texturerad med olika färger är denna trend inte lika tydlig. För att tydliggöra en färgskala gentemot dess omgivning bör man därför tänka på att skilja på deras ljushet/värme.

En animerad visualisering underlättar både förståelsen av datavisualiseringen samt den omgivande miljön.



**Bild 10A, B.** A) Exempel på gul-röd färgskala. Färgskalor som är röd-gula har bra associationsvärden hos både personer med normalt och med avvikande färgseende, vilket även verkar bidra till en ökad tydlighet. B) För att personer med avvikande färgseende ska kunna tolka en färgskala bör den gå från ljust till mörkt (eller tvärtom).

## Kombinerade data, konsekvenser och målkonflikter

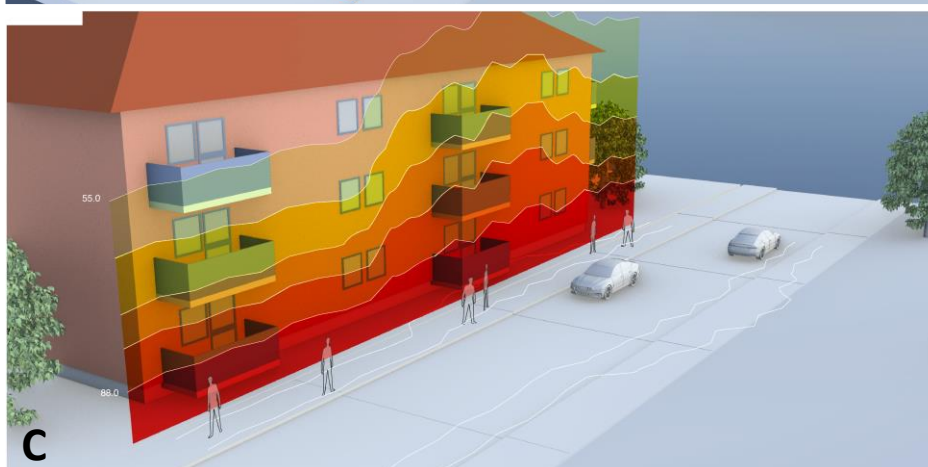
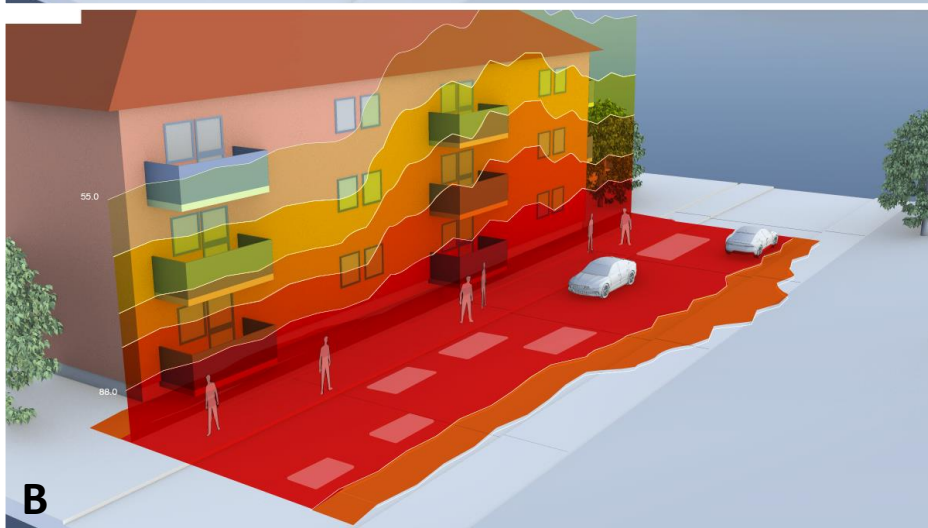
Under fokusgruppdiskussionen om konsekvenser och målkonflikter lyfte specialister och projektledare på Trafikverket fram olika utmaningar. Ett exempel var svårigheten att visa sociala aspekter som kopplar till buller och luft, såsom upplevelse, hur man rör sig i ett område och hur vardagslivet för olika grupper ser ut. Deltagarna pekade ut problem med att skydda utomhusmiljöer utifrån olika objekt och olika gruppers perspektiv och behov, som exempelvis barn. Ett exempel som går bortom riktlinjer för boendemiljöer och skolmiljöer var skolskogar och påverkan från Trafikverkets projekt avseende buller och luft på barn som vistas i sådana miljöer. Kopplingar mellan olika målpunkter som gång- och cykelvägar och broar lyftes fram utifrån upplevelse av trygghet/otrygghet ur olika gruppers perspektiv. Sådana miljöer kan vara säkra i sig men bullerutsatta eller skymda. Det finns en tradition med att visa bullerkartläggningar, men att visa sociala aspekter är svårare, som exempelvis hur en anläggning påverkar belysning och sikt.

För att möjliggöra igenkänning inom områden som Buller och Luft med hjälp av kvantitativa data kan olika varianter av ett enhetligt formspråk användas, såsom heatmaps eller volymetrisk visualisering. När det gäller att illustrera olika typer av sociala konsekvenser, som baseras på varierande datatyper, kan det däremot vara nödvändigt att kombinera flera olika formspråk. Ett exempel på detta är att använda en heatmap i samspel med ikoner eller symboler för att skapa en mer komplett och informativ visualisering. Tester har också visat att interaktivitet och eller animering har stor betydelse för att förstå bullrets förändring då till exempel ett tåg passerar.

Nedan presenterar vi några olika exempel som illustrerar olika visualiseringskoncept och ger förslag på lösningar. Det första exemplet visar hur man kan visa bullernivåer och dess påverkan på människor längs en gata (bild 11A-C). Det andra exemplet visar hur variationer inom en specifik typ av visualisering kan användas för att belysa konsekvenser av urban omvandling inom miljöområdet Luft (bild 12A-F). Det tredje exemplet demonstrerar hur visualiseringar av data från miljöområdena Buller och Luft kan kombineras på olika sätt, samt hur dessa kan kopplas till sociala konsekvenser (bild 13). Det fjärde exemplet visar sociala konsekvenser och målkonflikter (bild 14 och 15).

## **Exempel 1: Bullerdata och dess påverkan på hälsa och välbefinnande**

I exemplet visar vi hur man kan visualisera bullerdata tillsammans med sociala konsekvenser, där de sociala konsekvenserna fokuserar på hälsa och välbefinnande. Bild 10A-C visar hur man kan använda heatmaps för visa bullerdata och dess påverkan på människor i gatumiljön. Exemplet bygger på fiktiva data. Heatmaps bedöms passa bra för visualisering inom områden som hanterar osynliga parametrar, baserade på kvantitativa data. En fördel är att heatmaps kan göras filtrerbara, vilket kan vara användbart för att visa olika nivåer av information eller olika fokus för det man vill visa till exempel gränsvärden. För att tydliggöra skillnaden mellan de olika bullernivåerna har vi använt isolinjer. Ibland kan det vara en fördel att enbart använda isolinjer för att inte skapa otydlighet mot bakgrunden. Representationer av människor, kopplade till bullernivåernas färgskala, kan användas för att tydliggöra upplevelse och grader av hälsa eller välbefinnande på platsen.



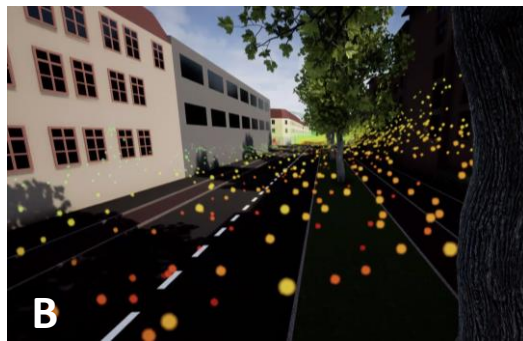
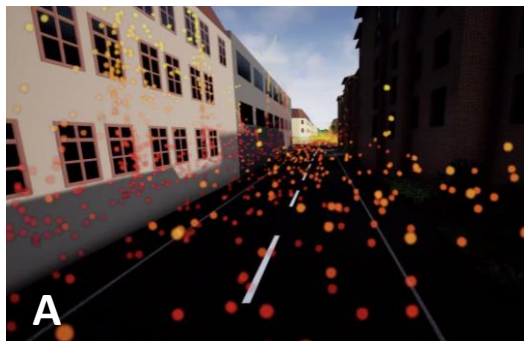
**Bild 11A-C.** Exempel på hur man kan använda heatmaps för att visa bullerdata med påverkan på människor i gatumiljön: A) Draperad horisontal heatmap på marken, B) Vertikal heatmap framför byggnad, och C) en kombination av A och B. Samtliga exempel visas tillsammans med isolinjer och representationer av människor.

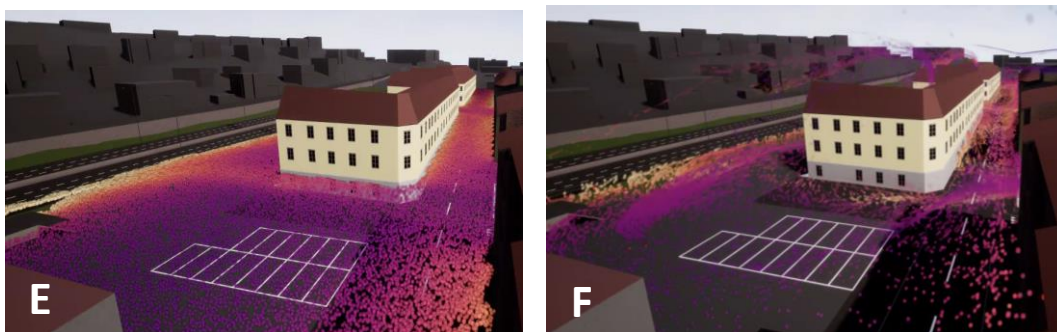


## Exempel 2: Ökade luftföroreningar som en konsekvens av förtätning

Exemplet utgår från att staden förtätas, trafiken ökar och luften i gaturummet blir sämre med högre och tätare bebyggelse. Detta skapar en konflikt mellan hälsa och ekonomisk tillväxt. Exempel 1 (Bild 12A-F) visar en simulering baserad på mätdata av luftföroreningar (partiklar) i kombination med vind längs en gata. Här illustreras hur luftkvaliteten påverkas från dagens situation till en framtida situation efter förtätningen. Bild A och B visar hur vinden i dagsläget påverkar luftburna partiklars rörelse längs gatan. Bild C och D visar situationen avseende luftföroreningar och luftgenomströmning i ett framtida scenario där gatan är förtätad med högre och tätare bebyggelse (med och utan träd längs gatan). Bild E och F visar skillnaden mellan hur partiklarna ter sig i modellen med och utan vindfaktor.

Färgerna i visualiseringen bör stå i tydlig kontrast mot både bakgrunden och varandra, och vara lätta att urskilja både för personer med både normalt och med avvikande färgseende. En effektiv färgskala bör följa principen att gå från ljusa till mörka nyanser. Datavisualiseringen ska inte helt dölja bakgrunden men behöver samtidigt vara tillräckligt framträdande för att synas tydligt. För att förtydliga informationen kan det ibland vara nödvändigt att använda variationer i storlek och densitet hos de volymetriska objekten. För att bibehålla en god orienteringsförmåga i modellen bör endast ett begränsat antal datalager visas samtidigt. Vi bedömer att volymetriska visualiseringar lämpar sig väl för att presentera information inom miljöområdet Luft.





**Bild 12A-F.** Exempel på hur man kan använda volymetrisk visualisering, här i form av färgade sfärer, för att visa luftföroreningar kopplat till vind. Bilderna är skärmdropp från en modell och är tänkt att ses i rörelse.

### **Exempel 3: Kombination av buller- och luftdata med sociala konsekvenser**

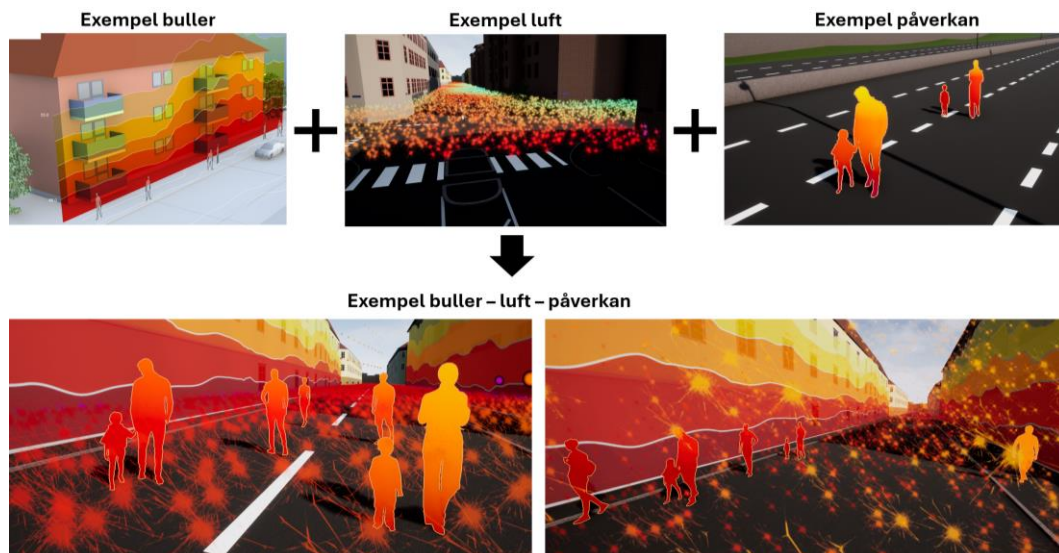
Här visar vi hur kombinerade data kan visualiseras på olika sätt för buller och luft, samt deras koppling till sociala konsekvenser, här exemplifierade med hälsa och välbefinnande. Vi utgår från en centralt belägen stadsgata med mycket trafik.

I exemplet för buller (överst till vänster) används en heatmap för att illustrera bullernivåer i höjddled på bebyggelse längs gatan. Här visas hur man kan kombinera bullerdata, visualiserad med isolinjer och heatmaps, med hur ljudnivån påverkar människor på gatan. Bilden är tagen från projektets sandlådemodell och bygger på fiktiva bullerdata.

Exemplet för luft (överst, mitten) visar luftföroreningar längs gatan med hjälp av punktvisualisering (gnistor) i ett par olika horisontala lager. Visualiseringen av luftdata baseras på mätdata från den verkliga gatan.

Exemplet för påverkan (överst, till höger) visualiseras med hjälp av representationer (ikoner) av människor som rör sig utmed gatan. Koncepten där ikoner ingår bedöms passa bra för visualisering inom områdena Luft och / eller Buller i kombination med konsekvenser för social hållbarhet. Det här är ett sätt att visuellt förstärka samband mellan mätdata och upplevelse. Deras färg bestäms av föroreningsnivåerna de andas in och/eller bullernivåerna de utsätts för. Man kan med fördel visa personerna i rörelse utmed gatan för att se hur nivåerna de utsätts för ändras beroende på var de befinner sig.

De nedersta exemplen visar hur data kan se ut när man visualiserar de olika parametrarna tillsammans. Här har en homogen färgskala använts för alla tre data-seten, då vi bedömer att de olika formspråken tydliggör skillnaden på buller och luft, samtidigt som deras påverkansnivåer på personerna visuellt kopplas till dem.



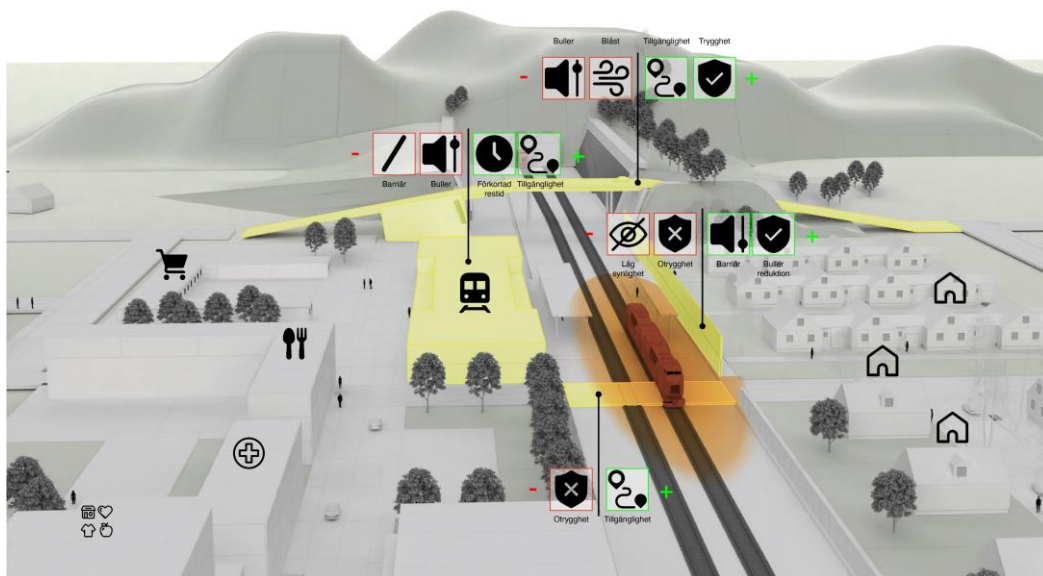
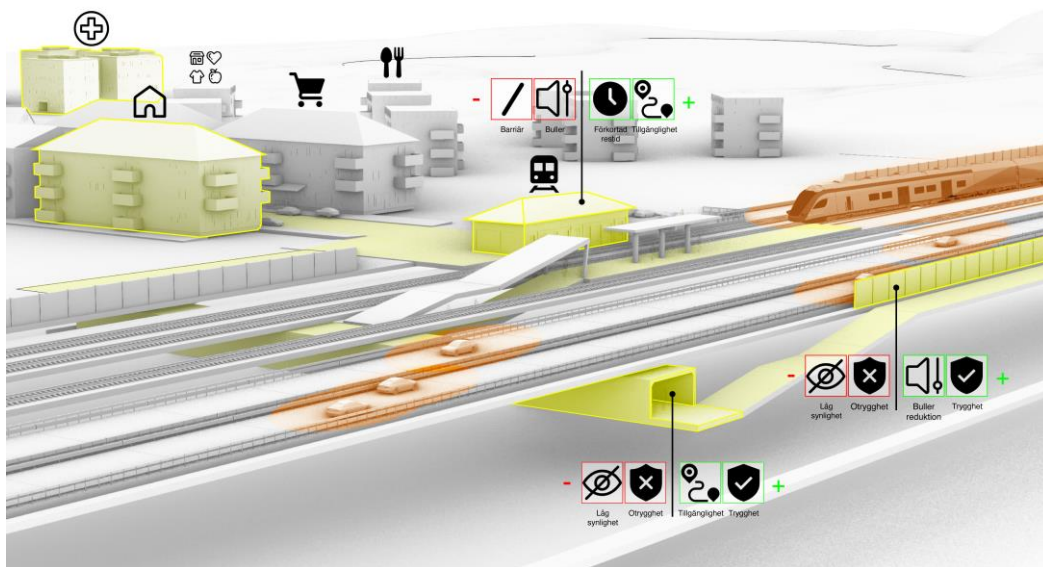
**Bild 13.** Bilderna ger exempel på hur man kan använda olika typer av visualiseringskoncept i kombination för att visa flera olika data-set tillsammans.

#### **Exempel 4: Sociala konsekvenser och målkonflikter**

Nedan visas två exempel på hur man kan visualisera konsekvenser som kan leda till målkonflikter (Bild 14, 15). illustrerar varsitt scenario där en planerad järnväg ska gå igenom ett samhälle samt olika konsekvenser som järnvägen kan medföra för invånarna. Fokus har lagts på parametrar som bullernivåer, tillgänglighet och trygghet.

För att förbättra tillgängligheten krävs broar och undergångar, vilka underlättar passage men samtidigt kan upplevas som otrygga. Den planerade järnvägen innebär dessutom negativa konsekvenser som ökade buller- och vibrationsnivåer. Vi belyser alltså påverkan på passager och stråk samt möjliga upplevelser av platsen. Exemplen lyfter fram målkonflikter och klargör berörda områden genom användning av symboler och ikoner som är kopplade till färgade markeringar.





**Bild 14 och 15.** Bilderna illustrerar hypotetiska scenarier som belyser de potentiella konsekvenserna av en planerad järnväg för två samhällen. Bild 13 visar en gångtunnel under en järnväg och motorväg. Bild 14 visar en bro och en väg som korsar järnvägsspåren.

---

## Läs vidare

### Målgrupper:

Stycket Användarfall - användarkort för identifiering av målgrupp och behov, s 42.

Metodbeskrivning för val av visualiseringskoncept (separat dokument).

### Visualiseringbehov:

Bilaga 3: Utvärdering med användare; Sammanställning av resultat från workshoppar och fokusgruppsdiskussioner (separat dokument).

### Visualiseringskoncept för miljöområdena:

Exempelbanken (separat dokument).

Stahre Wästberg, B., Thuvander, L., van Raalte, S. & Billger, M. (2021B). *Att synliggöra det osynliga – Kartläggning av representation av miljödata i digitala modeller*. Trafikverket. 2021, s 20–32.

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, L., Latino, F., Somanath, S., van Raalte, S. (2021A) *MiljöVis: Effektiv representation av miljödata i digitala modeller*. Trafikverket. 2021.

### Visualisering för inkludering:

Zachrisson, L., Lundin, J., Billger, M.; Stahre Wästberg, B. "The saliency of visualized environmental data in urban 3D models: A user study on colour scales for colour vision deficiency", planeras publiceras i: *International Journal of Geographical Information Science*, 2025.

### Kombinerade data, konsekvenser och målkonflikter:

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, van Raalte, S. (2024), *Strategier för 3D-visualisering – Målkonflikter i infrastrukturprojekt*. CMB. 2024.

---

# Strategi och metod för visualisering i 3D

Trafikverket använder digitala modeller (objektorienterade informationsmodeller/samordningsmodeller i 3D) för att visualisera stora och komplexa infrastrukturprojekt. Kraven på hur man visuellt ska representera objekt i dessa modeller är dock ofta vaga, vilket leder till att projekten visar samma typ av data på olika sätt. Genom en intuitiv och tillgänglig design kan olika målgrupper bättre förstå komplexiteten i projektförslagen och konsekvenserna av olika planeringsalternativ.

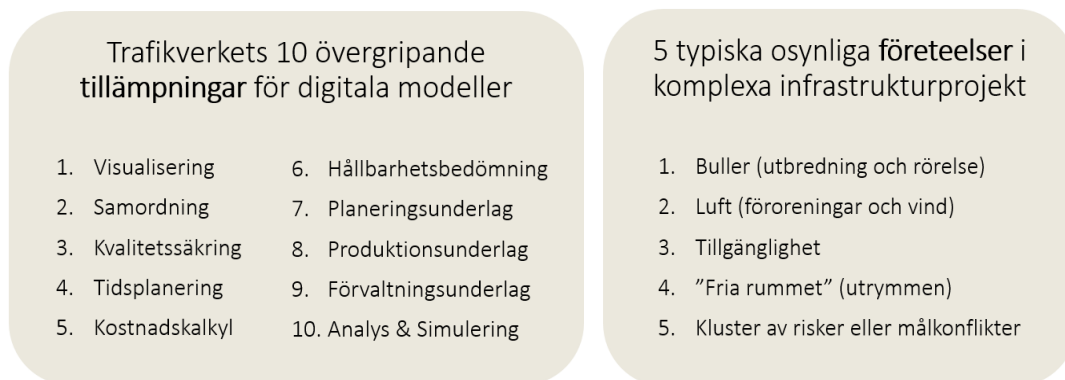
Att använda ett enhetligt formspråk för visualisering i modellerna kan bidra till en bättre helhetssyn, förbättrad kvalitetssäkring och effektivare beslutsfattande som i förlängningen kan underlätta för mer hållbara lösningar. Projektet visar att det finns ett behov av mer standardiserad visualisering när det gäller representation av data i 3D. Framtida krav på representation av 3D-data kommer exempelvis att underlätta kvalitetssäkring, hjälpa till att hitta kluster av målkonflikter, minimera osäkerheter och risker.

Rekommendationer från tidigare studier är att ta fram:

- exempelmodeller (samordningsmodell och ämnesområdesmodeller)
- informationskort med tillämpningar
- exempelbank för visualiseringskoncept
- kravställning på visualisering

Utgångspunkt för framtagandet av metod för mer standardiserad visualisering i digitala modeller är bland annat Trafikverkets tio övergripande tillämpningar för digitala modeller: *visualisering, samordning, kvalitetssäkring, planeringsproduktions- och förvaltningsunderlag, hållbarhetsbedömning, analys och simulering, tidsplanering* samt *kostnadskalkyl*.

En annan utgångspunkt är behovet av att visualisera det som inte syns. I Trafikverkets komplexa infrastrukturprojekt finns det många osynliga företeelser. Några exempel är *buller (utbredning och rörelse), luft (föroreningar och vind), tillgänglighet, "fria rummet" (utrymmen)* och *kluster av risker eller målkonflikter*.



**Bild 16.** Trafikverkets tio övergripande tillämpningar för digitala modeller, samt fem typiska osynliga företeelser i komplexa infrastrukturprojekt.

## Målbild – krav och kvalitet

Det långsiktiga målet är att ta fram mer standardiserad kravställning för 3D-representation av osynliga företeelser som bidrar till ökad förståelse och ökad kvalitet i leveranser.

Viktigt vid kravhantering är att värdera vilka konsekvenser ett krav kan medföra men också att ange vilken typ av krav och typ av kontroll som behövs. För att kunna kontrollera och enkelt förstå det som visualiseras behöver man säkerställa att visualiseringen fungerar och är anpassad för olika målgrupper.

Genom att förenkla (standardisera och automatisera) kvalitetssäkringen kan ett utvecklat beslutsstöd ge tryggare beslut då också det osynliga blir mer synligt genom mer likriktad visualisering.

Syftet är därför att ta formulera en strategi, identifiera behov och ta fram exempel (modeller, visualiseringskoncept och tillämpningar) samt en metod/process för val av visualiseringskoncept som underlättar framtagande av krav och förbereder för implementering.



**Bild 17.** Kravställ och kvalitetssäkra.

## Strategi och principer

Arbetet med utveckling av visualiseringskoncept som beslutsstöd ligger till grund för framtagning av strategin. Strategin i sig är enkel men täcker in många av de viktiga frågor som stödjer förslag till metodik för visuell representation av osynlig information och abstrakta företeelser i 3D. En övergripande utgångspunkt är Trafikverkets vision för data- och informationshantering: ”rätt information till rätt aktör vid rätt tillfälle”.

Följande strategi har formulerats:

Att synliggöra och värdera **osynlig** data i 3D

## 6 principer och behov

Utifrån strategin har 6 övergripande behov identifierats. De kopplas till och uttrycks i form av principer, vilka är identifiera, anpassa, likrikta, föreslå, prova och förankra. För en schematisk översikt av principerna och deras koppling till respektive behov, se tabell 1.



**Bild 18.** Principer och behov.

**Tabell 1.** Översikt strategi, principer och behov.

STRATEGI – att synliggöra och värdera <b>osynlig</b> data i 3D						
BEHOV	att synliggöra	att förstå	att relatera	att visa	att säkra	att besluta
För att (ett behov) ...vad... behöver man (en princip) ...vad...	För att <b>synliggöra</b> det osynliga behöver man <b>identifiera</b> förutsättningar och behov av visualisering.	För att <b>förstå</b> det som visas behöver man <b>anpassa</b> visualiseringen för olika målgruppers behov.	För att <b>relatera</b> snabbt och enkelt till det som visas behöver man <b>likrikta</b> visualiseringen så att man direkt känner igen sig och förstår.	För att <b>visa</b> det osynliga behöver man <b>föreslå</b> visualiseringskoncept för både enskilda och kombinerade företeelser.	För att <b>säkra</b> att valt visualiseringskoncept fungerar behöver man <b>prova</b> att visualisera på olika plattformar.	För att <b>besluta</b> om valt visualiseringskoncept behöver man <b>förankra</b> lösningen med olika målgrupper.
PRINCIP	IDENTIFIERA	ANPASSA	LIKRIKTA	FÖRESLÅ	PROVA	FÖRANKRA
VÄRDERA	✓	✓	✓	✓	✓	✓

## 1. IDENTIFIERA – att synliggöra

”För att **synliggöra** det osynliga behöver man **identifiera** förutsättningar och behov av visualisering.”

Visualisering är ett starkt kommunikationsverktyg som kan bidra till att bättre förstå omfattande och komplex information. Att, genom visuell representation i 3D, tydliggöra samband, åtgärder och dess påverkan, målkonflikter och tydligt visa konsekvenser som exempelvis risker och osäkerhetsfaktorer bidrar till en tryggare värdering, ett bättre beslutsunderlag.

Inom planering av infrastrukturprojekt finns behov av att visualisera det som inte syns, dvs information och företeelser som inte har en naturlig geometrisk form. Exempel på osynliga företeelser är hälsodata som buller, luft samt kulturella och sociala värden och olika miljöparametrar.

Innan beslut om visualiseringskoncept behöver behov av visualisering identifieras. Viktigt att veta är aktuellt skede i livscykelns eftersom det styr behov av tillämpning, detaljeringsnivå och berörda målgrupper och intressenter. För att kunna värdera utifrån alla principer så bör alla förutsättningar identifieras tidigt. Exempel på förutsättningar är scenarios med typiska åtgärder och målkonflikter, tillgängliga data (2D/3D) men också befintlig kravställning är av betydelse inför fortsatt värdering.

## 2. ANPASSA – att förstå

”För att **förstå** det som visas behöver man **anpassa** visualiseringen för olika målgruppers behov.”

Visualisering är ett stöd för att enklare förstå komplex information. Men vi har ändå olika möjligheter eller behov för att kunna ta till oss informationen på rätt sätt varför visualiseringen behöver anpassas till målgrupp och/eller tillämpning. Trafikverkets vision för data- och informationshantering: ”rätt information till rätt aktör vid rätt tillfälle” tydliggör också vikten av anpassad information.

Att anpassa visualiseringen till berörda målgrupper och intressenter innebär att olika typer av användare och mottagare definieras och att användarfall tas fram.

Användarkort som utifrån ett visst tema, som exempelvis inkludering, där roll och handling eller funktion berättar om och specificerar ett behov kan med fördel användas. Exempel på specifika behov är kognitiva behov (som kräver ökad realism) eller avvikande färgseende (kräver anpassade färgskalor).

Behovet definierar i sin tur krav på visualisering av den information som ska visas med hänsyn till exempelvis färg, form, behov av rörelse och interaktivitet och filtrering i modellen. Att rätta sig efter olika målgruppers krav på visualisering skapar en mer behovsanpassad visualisering som ökar förståelsen för fler, för det som visas och som innebär mer trygga och välinformerade beslut.

### 3. LIKRIKTA – att relatera

”För att **relatera** snabbt och enkelt till det som visas behöver man **likrikta** visualiseringen så att man direkt känner igen sig och förstår.”

Data som representerar olika osynliga parametrar ska vara lätt att hitta. Det ska vara lätt att förstå och tolka den information man ska värdera och bedöma konsekvenserna av. Man ska inte behöva ”tänka två gånger”. Det finns därför ett behov av att likrikta/standardisera vissa delar så att exempelvis de specialister som hanterar många modeller känner igen sig och lätt hittar relevant information för sitt ämnesområde.

Att återkommande använda samma visualiseringskoncept för samma typ av information blir därför viktigt liksom att också använda sig av redan vedertaget bruk och öppna och internationella standarder. För digitala modeller är exempelvis ISO-standarderna IFC som utbytesformat vid leverans och för automatisk kvalitetskontroll grundläggande.

Konceptkorten anger rekommendationer för visualisering, i både 2D och 3D, geometrisk form, färgskala, symboler och ikoner etc. Använd dessa för att ta fram visualiseringskoncept som främjar likformighet. Beskriv, kravställ/standardisera ett antal baskomponenter som främjar likformighet och som samlas i exempelbanken med tillhörande exempelmodeller.

### 4. FÖRESLÅ - att visa

”För att **visa** osynliga företeelser tydligare behöver man **föreslå** olika visualiseringskoncept för olika typ av information, både enskilt och kombinerat”

Data som representerar olika osynliga företeelser behöver kunna visualiseras på ett tydligt sätt. Utifrån behov, vedertagen användning och/eller standard och alternativ i exempelbanken väljs ett visualiseringskoncept för det som behöver visualiseras. Design påverkas av behovet och gestaltas genom formspråk, färg, transparens, detaljeringsgrad etc.

Olika typer av information bör kunna skiljas åt genom val av olika visualiseringskoncept, eftersom det finns tillfällen då olika företeelser behöver kombineras. Det kan vara svårt att alltid ha separata koncept för alla företeelser i en digital modell varför man då behöver filtrera eller på annat sätt urskilja, så att det tydligt framgår vad som är vad.

## 5. PROVA – att säkra

”För att **säkra** att valt visualiseringskoncept fungerar behöver man **prova** att visualisera på olika plattformar.”

Det valda visualiseringskonceptet måste provas och utvärderas på en eller flera plattformar. En plattform för visualisering med funktioner som ökar användarens engagemang och underlättar beslutstagande är att föredra. Vilka verktyg och plattformar som man har tillgång till och kan hantera påverkar testet. Undersök därför vilka verktyg och plattformar som finns tillgängliga och är lämpliga.

Konceptet bör provas på den eller de plattformar som det är avsett att användas på, liksom om det stöder framkomna behov på funktion. Utgå från i vilket skede man befinner sig, eftersom det avgör vilken nivå av realism som är lämplig (tidig skeden: sandlådemodell, senare skeden: samordningsmodell). Vid val av visualiseringsplattform finns olika vägar/arbetsätt att utgå från:

- Befintlig plattform, som exempelvis en **samordningsmodell**, med tillgång till den data som hör till ett projekt.
- **Sandlådemodell**, som är en form av testplattform för både olika typer av osynliga data, geodata och byggd miljö. Detta kan vara en lösning när man inte har tillgång till data kopplad till ett specifikt projekt, eller vill diskutera och testa mer principiella lösningar under en skissfas.
- **Hybridvariant** där man använder den befintliga modellen, men laborerar med dataset som är geografiskt obundna till platsen.

## 6. FÖRANKRA – att besluta

”För att **besluta** om valt visualiseringskoncept behöver man **förankra** lösningen med olika målgrupper”

Värderingsprocessen innebär att man har värderat och provat en osynlig eller abstrakt företeelse (enskild och i kombination) och tagit hänsyn till nytt eller vedertaget och standardiserat koncept för visualisering, liksom anpassade behov för



olika användare och mottagare av information. Därefter ska föreslaget visualiseringskoncept kravställas och förankras med aktuella målgrupper, innan beslut kan tas.

Formulerade krav och typ av kontroll i komplexa infrastrukturprojekt utvärderas, motiveras och konsekvensbeskrivs innan de inkorporeras i Trafikverkets kravställning. Värdera att också förankra ett förhållningssätt där visualisering i 3D är i centrum.

## Metod för val av visualiseringskoncept

Utifrån de ovan beskrivna principerna och övergripande behoven har en metod, en iterativ process i form av ett visualiseringshjul, med tillhörande processtöd tagits fram för att underlätta val av visualiseringskoncept. Stödverktygen inkluderar en checklista, exempel på tillämpning av metod (arbetsflöde) samt exempel och mallar för framtagande av användarfall och visualiseringskoncept. Som utgångspunkt för användarfallen har resultat från forsknings-projektet [LAVIS 2.0](#) använts.

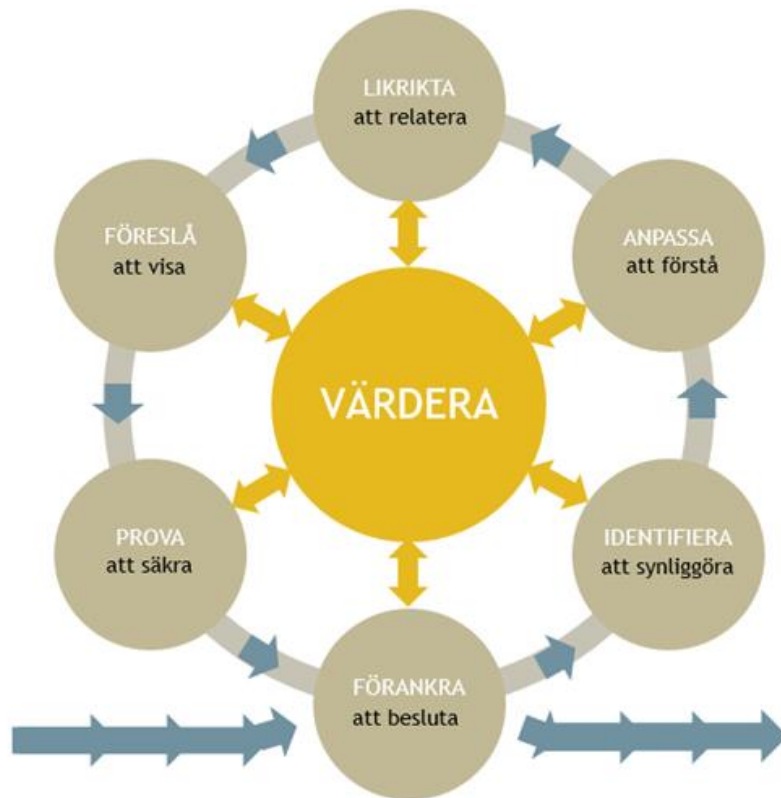
Denna metod är tänkt att fungera som en ledstång när det finns ett behov av att ta fram ett visualiseringskoncept för en företeelse, med behov av inkludering och igenkänning i digitala modeller. Resultat, från genom-gången process, förbereder för beslut om kravställning och anpassning till vedertagen eller ny standard.

Allt material såsom checklista, tillämpningar, användarkort, konceptkort och exempelmodeller etc. bör samlas och förvaltas centralt för att möjliggöra att vidareutvecklad metod och material som successivt byggs på och kompletteras blir tillgängligt till alla.

## Visualiseringshjulet – en iterativ process

De 6 principerna, identifiera, anpassa, likrikta, föreslå, prova och förankra samt de övergripande behoven bildar tillsammans ett arbetsflöde för att värdera, hantera och besluta om visualiseringskoncept för osynliga och abstrakta företeelser i digitala modeller. Eftersom det finns många aspekter att ta hänsyn, som i sig har olika beroenden mellan varandra och inträffar i olika följd samt kan behöva upprepas flera gånger, beroende på var i arbetsflödet principen tillämpas passar ett iterativt arbetsätt bäst för att beskriva arbetsflödet. Principerna har därför samlats i ett visualiseringshjul för att illustrera en tänkt process och som syftar till att underlätta val.

Värdera är något som man måste göra hela tiden för att kunna landa i ett beslut om att gå vidare in i nästa princip eller tillbaka för att göra om. Det innebär att man inte behöver följa hela hjulet runt utan är fri att dyka in i den princip som är mest lämplig. Värderingen gör processen iterativ varför aktiviteten placeras i mitten av hjulet. Att konstant värdera är centralt i processen.



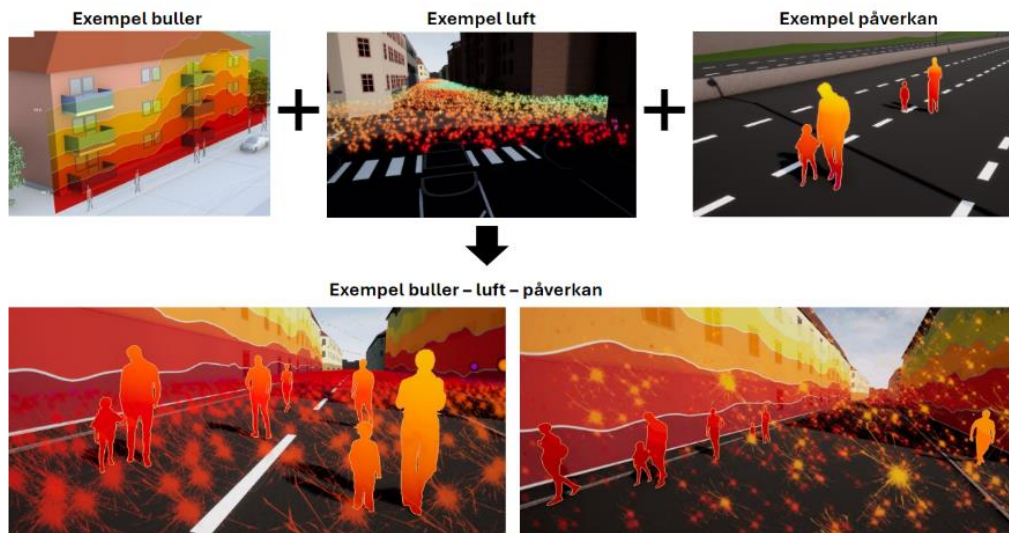
**Bild 19.** Visualiseringshjul med ingående principer och behov i en iterativ process.

## Checklista – för värdering utifrån principer och behov

Till varje princip finns en checklista som stödjer värdering av behov i förhållande till visualiseringskoncept och vedertagen inofficiell eller officiell standard. Varje checklista beskrivs mer i detalj i det separata dokumentet Metod för val av visualiseringskoncept.

## Tillämpning av metod – exempel buller och luft

För att tydliggöra processen har exempel på tillämpning av metoden tagits fram. De beskriver ett tänkt arbetsflöde för ett visst område/företeelse ex. luft och buller. Här har målgrupp, behov och lämpligt visualiseringskoncept identifierats som ger ett underlag för beslut och vidare förankring, inför en eventuell ny eller uppdaterad kravställning. Exempel pekar också på svårigheten att kombinera olika företeelser. Mer detaljerad beskrivning av arbetsflödet genom exempel återfinns i separat dokument; *Metod för val av visualiseringskoncept*.



**Bild 20.** Kombination av två företeelser; luft och buller.

## Användarfall – användarkort för identifiering av målgrupp och behov

Fyra huvudsakliga användargrupper kan identifieras. De är standardanvändare och mottagare samt avancerad användare och mottagare. Exempel på användargrupper är *medborgare*, *kommunikatör*, *projektledare*, och *specialister*. Utifrån användargrupp och ett givet tema kan olika användarfall beskrivas. Ett tema är baserad på användarfallens karaktär. Exempel på tema är *kvalitetssäkring*, *inkludering* och *representation*.

Ett användarfall belyser olika behov och önskemål från en användargrupp och beskrivs utifrån aktör, handling och behov. Fördelen med användarfall är att de personifierar en komplex insikt där användarnas behov står i fokus. Användarfallen vägleder till en mer behovsbaserad kravställning.



**Bild 21.** Identifierade användare och mottagare.

För framtagande av användarfall finns en samling kort som kan användas som mall och stöd för att konkretisera olika behov för olika typer av användare och mottagare av information. Användarkorten beskriver, inom ett visst tema, ett behovsscenario som utgår från en specifik roll och dess behov. De anger även vilken typ av användare eller mottagare det gäller samt på vilket sätt behovet är verifierat.

**Som** (roll) **vill jag** (handling/funktion) **för att** (behov)

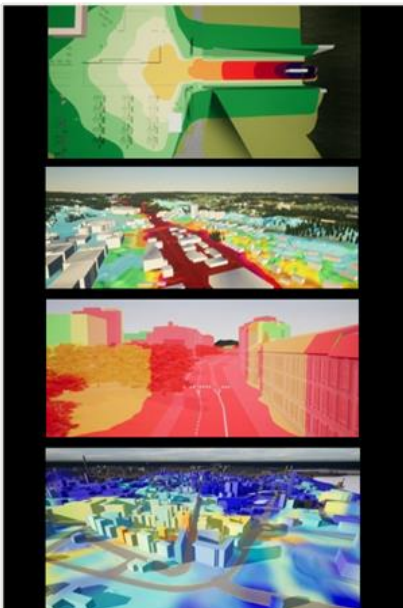
Rekommendationer kring temat samlas på separata översiktskort i form av en punktlista och vid behov, ett resonemang kring temat. Korten ska ses som ett stöd vid genomförande av metodiken val av visualiseringskoncept.



**Bild 22.** Exempel på användarkort.

## Exempelbank – konceptkort för val av visualiseringsmetod

Exempelbanken består av en samling kort som kan användas som stöd för att ta fram och värdera olika visualiseringskoncept. Konceptkorten beskriver en viss typ av geometrisk form (punkt, linje, yta, objekt), färg eller material. Fördelar och nackdelar över vad som fungerar och inte med konceptet, framgår på varje kort som en punktlista liksom ett resonemang kring temat. I de fall konceptet är utvärderat ges en rekommendation för vilken företeelse de passar bra till. Korten ska ses som ett stöd vid genomförande av metodiken val av visualiseringskoncept.



Horizontal heatmap:  
Draped on ground and objects

6

Advantages	Disadvantages	Comments
<p><b>Comprehension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ People recognize it</li> <li>○ Visually correlated to a 2D-map</li> <li>○ Can be adjusted in steps according to needs</li> <li>○ Can be divided according to what needs to be shown (threshold values, "good"/"bad" places, etc)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Does not convey detailed information</li> <li>○ Needs a legend to explain the colours</li> <li>○ Abstract, "what does the colours really mean"?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Important to consider (which) colours to convey the correct interpretation! The colours in a rainbow scale can connote too large differences between steps</li> <li>○ Important to consider the visual combination with heatmap and underlying colours. If made more transparent (to visually combine heatmap and background colours) the heatmap might loose some of its "visual value".</li> </ul>
<p><b>Visibility</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visible/clear</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Obscures to some extent the underlying model (colours)</li> </ul>	
<p><b>Scale and perspective</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Versatile; can be used in different scales and perspectives</li> </ul>		
<p><b>Combinability</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Can be combined with e.g. symbols/icons, volumetric visualizations, hatchings and grids etc.</li> </ul>		
<p>Suitable for: noise (and air)</p>		

**Bild 23.** Exempel på konceptkort. För närvarande finns Exempelbanken enbart på engelska, men en svensk version är under bearbetning.

# Slutsatser och rekommendationer

Projektet har utgått ifrån att utvecklingen av samordningsmodeller går mot en framtida automatisering, där Trafikverkets specialister enklare ska kunna hantera modellerna. Det är med detta som förtecken som vikten av gemensamma, väl genomtänkta designval kommer att spela en stor roll. Planerings- och designprocesser hos Trafikverket består av flera olika skeden. Detta projekt fokuserade på det tidiga planeringsskedet *Lokaliseringsutredning*, där samordningsmodellen etableras och miljöaspekterna har störst inverkan. MiljöVIS-projektet har undersökt och tagit fram visualiseringskoncept med fokus på Trafikverkets miljöområden Buller, Luft och Sociala konsekvenser, där vi dels har utforskat varje område separat, dels utforskat hur man kan kombinera visualiseringskoncept för de olika områdena. I projektet har vi hanterat komplexa miljöer inklusive visualisering för olika typer av scenarier. Resultaten omfattar även koncept för hur man kan visa konsekvenser och målkonflikter i 3D för de valda miljöområdena.

Visualiseringskoncepten som utvecklats inkluderar visuella egenskaper, geometriska formspråk, visuella tecken och rumsliga egenskaper. Dessa har tillämpats på de valda miljöområdena och presenteras i *Exempelbanken*, som i ett separat dokument listar och sammanfattar de framtagna koncepten, där varje visualiseringskoncept illustreras på ett visualiseringskort med exempel på tillämpning på Buller, Luft och Sociala konsekvenser. Visualiseringskoncept för miljöområdena Luft och Buller har vissa tydliga likheter. Båda är osynliga företeelser, utan geometrisk form men med en tydlig tredje dimension. Båda bygger på kvantitativa, mätbara värden. Både Buller och Luft kan visualiseras med heatmaps och variationer på punktvisualisering. Punktvisualisering är på grund av sin karaktär främst associerad till Luft. Sociala konsekvensanalyser utgör ett bredare och mer komplex område som kombinerar kvalitativa och kvantitativa data. Sociala konsekvenser kan visualiseras med hjälp av exempelvis områdesmarkeringar, linjer, punkter, ikoner och volymetriska objekt. Dessutom kan heatmaps användas för att visa densitet av bland annat socio-ekonomiska data, platsanvändning och upplevelser. En animerad visualisering underlättar både förståelsen av datavisualiseringen samt den omgivande miljön.

För att inkludera olika målgrupper kan man behöva anpassa visualiseringen. Exempelvis kan personer med avvikande färgseende behöva en anpassad skala som alltid finns tillgänglig. Denna rekommenderas innehålla nyanser som går från ljus till mörkt.

Projektet visar att det finns ett behov av mer standardiserad visualisering när det gäller representation av data i 3D. Att använda ett enhetligt formspråk för visualisering i modellerna är viktigt för en bättre helhetssyn, förbättrad kvalitetssäkring och effektivare beslutsfattande. Framtida krav på representation av

3D-data kommer exempelvis att underlätta kvalitetssäkring, hjälpa till att hitta kluster av målkonflikter, minimera osäkerheter och risker. Ett första steg mot detta är framtagningen av en Strategi och metod för visualisering i 3D, som presenteras i rapporten och i ett separat dokument.

Sammanfattningsvis har projektet demonstrerat behovet av standardisering för visualisering i 3D. De lösningar som tagits fram inom detta projekt behöver vidareutvecklas så att de kan implementeras och användas i Trafikverkets samordningsmodeller.

## Rekommendationer

Ett resultat från projekt MiljöVIS är den strategi och metod för val av visualiseringskoncept som tagits fram. De är tänkta att stötta framtagande av kravställning på representation av företeelser i 3D-visualiseringar. Det är en behovsbaserad metod med användare och mottagare i centrum.

Den iterativa processen inkluderar principerna *identifiera, anpassa, likrikta, föreslå, prova* och *förankra* som används för att bättre bedöma och värdera olika visualiseringslösningar och som i sin tur bidrar med bättre kvalitetssäkring och beslutsunderlag i mål- och intressekonflikter genom ökad förståelse och ger mer komplexa insikter.

Metoden, visualiseringshjulet, behöver dock testas i faktiska investeringsprojekt och föreslagen kravställning förankras. Rekommendationer för anpassning och komplettering av metod med tillhörande stödverktyg (checklista, tillämpnings-exempel, användarfall och exempelbank) är att:

### 1. Testköra visualiseringshjulet (metoden)

Prova värderingsprocessen genom att välja ett par företeelser som ska kunna kombineras och kör dem genom visualiseringshjulet. Ta fram förslag på behovsanpassad kravställning samt förslag på kontrollmetod för kvalitetssäkring. Implementera i 3D-visualisering, i riktigt projekt och genomför en användarundersökning. Utvärdera och anpassa metod och stödverktyg.

### 2. Successivt komplettera stödverktygen

- *Checklistan* - komplettera checklistan med fler råd.
- *Tillämpningar, exempel* - komplettera allteftersom med nya exempel, knyt eventuellt informationskort till dessa.
- *Användarfall* - komplettera allteftersom med fler användarfall; användarkort och nya teman.

- *Exempelbanken* - komplettera med fler konceptkort och rekommendationer om vilken företeelse de passar bra till. Exempelbanken kan med fördel kompletteras med interaktiva exempel-modeller i 3D för att öka förståelsen av visualiseringskonceptet. Filmer och animeringar kan också vara ett alternativ.

### **3. Förankra och implementera resultat**

Efter att testkörning av metoden (1) är utförd bör ett implementeringsprojekt initieras. Med fördel görs det inom ramen för ett större investeringsprojekt där många användare och mottagare finns representerade. Projektet bör även följeforskas.

### **4. Anpassa kravställning till öppet utbytesformat, IFC 4.3**

Trafikverket krävställer (2025) leveranser av objektorienterad information i utbytesformatet IFC. Det är därför viktigt att krav på den framtagna behovsanpassade representationen i 3D överens-stämmer och integreras med krav på IFC. Målet är på sikt att kunna kvalitetssäkra vissa krav automatiskt och maskinläsbart. Vidare-utvecklingen av metoden bör kopplas till pågående implementering av openBIM och IFC på Trafikverket.

### **5. Förvalta centralt**

Samla och förvalta metod och stödverktyg centralt så att den kan nyttjas av fler, successivt byggas ut och kompletteras.



# Referenser

Atli, D.; Olgunturk, N.; Aslanoğlu, R.; Sekulovski, D.; Seuntiens, P.: Effects of colour and chromatic light on depth perception. *Journal of Modern Optics* 67, 2 (2020), 161–166.

Brath, R.; Peters, M.; Senior, R.: Visualization for communication: The importance of aesthetic sizzle. In *Ninth International Conference on Information Visualisation (IV'05)* (2005), IEEE, pp. 724–729.

Chen C.-H.: Research on the application of function technology- aesthetics framework in the design knowledge modelling of data visualization. *Journal of Advances in Information Technology* Vol 11, 1 (2020).

Fridell Anter, K.: *Colour and Light: Spatial Experience*. New York Routledge, 2017.

Gombos K.; Lanyi, C. S.; Simon, K.: How does environment and form influence colour perception? In *2015 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)* (2015), IEEE, pp. 313–317.

Jacquino, F.; Bonaccorsi, J.: Studying social uses of 3d geovisualizations: Lessons learned from action-research projects in the field of flood mitigation planning. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 8, 2 (2019), 84.

Metral, C.; Ghoula, N.; Silva, V.; Falquet, G.: A repository of information visualization techniques to support the design of 3d virtual city models. *Innovations in 3D Geo-Information Sciences* (2014), 175–194.

Samara, T.: Dualities of form: Considerations of functional and narrative aspects of design for data visualization. *Design Issues* 37, 4 (2021), 23–34.

Stahre Wästberg, B.; Thuvander, L.; van Raalte, S.; Billger, M. (2021B). *Att synliggöra det osynliga - Kartläggning av representation av miljödata i digitala modeller*. Trafikverket. 2021.

Steinrucken, J.; Plumer, L.: Identification of optimal colours for maps from the web. *The Cartographic Journal* 50, 1 (2013), 19–32.

Valkanova, N.; Jorda, S.; Moere, A. V.: Public visualization displays of citizen data: Design, impact and implications. *International Journal of Human-Computer Studies* 81 (2015), 4–16.

van Lammeren, R.; Houtkamp, J.; Colijn, S.; Hilferink, M.; Bouwman, A.: Affective appraisal of 3d land use visualization. *Computers, environment and urban systems* 34, 6 (2010), 465–475.

Weninger, B.: The effects of colour on the interpretation of traffic noise in strategic noise maps. In 26th International Cartographic Conference, Dresden, Germany (2013), The International Cartographic Association.

Ware, C.: Information Visualization: Perception for Design. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2004.

# Bilaga 1. Publikationer och kommunikationsaktiviteter inom projektet

## Publikationer inom projektet

### Rapporter:

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, van Raalte, S. (2024), *Strategier för 3D-visualisering – Målkonflikter i infrastrukturprojekt*. CMB. 2024.

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, L., Latino, F., Somanath, S., van Raalte, S. (2021A) *MiljöVis: Effektiv representation av miljödata i digitala modeller*. Trafikverket. 2021.

Stahre Wästberg, B., Thuvander, L., van Raalte, S. & Billger, M. (2021B). *Att synliggöra det osynliga - Kartläggning av representation av miljödata i digitala modeller*. Trafikverket. 2021.

### Vetenskapliga artiklar:

Somanath, S.; Naserentin, V., Eleftheriou, O.; Sjölie, D., Stahre Wästberg, B., & Logg, A. "Towards Urban Digital Twins: A Workflow for Procedural Visualization Using Geospatial Data". *Remote Sens.* 2024, 16, 1939.  
<https://doi.org/10.3390/rs16111939>.

### Vetenskapliga artiklar under bearbetning:

Zachrisson, L., Lundin, J., Billger, M.; Stahre Wästberg, B. "The saliency of visualized environmental data in urban 3D models: A user study on colour scales for colour vision deficiency", planeras publiceras i: *International Journal of Geographical Information Science*, 2025.

Thuvander, L., Billger, S., Billger, M.; Stahre Wästberg, B., "Review on social sequences and visualization", planeras publiceras i: *Sustainable Cities and Society*, 2025.

### **Konferensbidrag:**

Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, L., Latino, F & van Raalte, S. (2023). *A Proposed Workflow for Conceptual Visualization Studies in Urban 3D-Models*. In: Proceedings for CUPUM 2023 - 18th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Montreal, Kanada. 20–22 Juni 2023.

van Raalte, S., Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, L., Latino, F. (2025) *Towards standardized visualization – Design strategies for 3D-representation of invisible environmental and social data in complex infrastructure projects*, infraBIM Open 2025, 3-5 februari, Tampere, Finland, 2025.

### **Konferensbidrag under bearbetning:**

Latino, F.; Stahre Wästberg, B., Billger, M. (2025), *Exploration of the perception of design choices for visualizing qualitative data in 3D*, Planeras publiceras i: Proceedings for CUPUM 2025 - 19th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, London, England. 23–27 juni 2025.

### **Filmklipp:**

YouTube@dtcc3d: *Information visualization in urban 3D-models (Stahre Wästberg, B., Stahre Wästberg, B., Billger, M., Thuvander, L., Latino, F., Eleftheriou, O., Somanath, S., van Raalte, S. (2024),*  
<https://www.youtube.com/watch?v=oKOBGkuMHyM>

Epic-game blog, including film clip: *Visualizing the invisible: the sound of real and virtual worlds*. Pimentel, K. (8 mars, 2021). MiljöVis visas som exempel.  
<https://www.unrealengine.com/en-US/spotlights/visualizing-the-invisible-the-sound-of-real-and-virtual-worlds>

## Kommunikationsaktiviteter inom projektet

### *Presentationer inom MiljöVIS I:*

1. Projektpresentation för Styrkeområde Informations- och kommunikationsteknik, Chalmers 2 februari 2021.
2. Sammanfattande projektpresentation med Trafikverket och forskare från Chalmers den 7 maj 2021.
3. Öppen slutpresentation och diskussion, 7 maj 2021.

### *Presentationer inom MiljöVIS II:*

1. ISPRS conference 2022, Nice, session: Digital twins, 8 juni 2022.
2. Presentation av projektet på Trafikverkets FOI-dag med fokus på forskningsprojekt om buller och vibrationer, 12 oktober 2022.
3. Presentation av projektet på DTCC workshopen "Urban Digital Twins: data models, use cases and applications", 7 juni 2023.
4. Presentation av projektet på den internationella konferensen "Cupum: The 18th International Conference on Computational Urban Planning and Urban Management", 21 juni 2023.
5. Presentation av användarstudien FärgVis inom projektet på workshop i anslutning till Digital Twin Cities konferens, 27 november 2023.
6. Presentation av projektet på Digital Twin Cities konferens "Bridging the gap between vision and reality", 28 november 2023.
7. Presentation av projektet på Svenska Luftvårdsföreningens (SLF) höstseminarium med temat "Luftkvalitet - Hur kommunicerar vi bäst ett osynligt problem?", 30 november 2023.
8. Presentation av projektet för Trafikverkets trainees, 5 februari 2024.
9. Presentation av projektet på Digitaliseringsveckan, Trafikverket, 8 april 2024.
10. Presentation av projektet för projektgruppen LAVIS (RISE, Trafikverket och Vektor.io), 9 april 2024.
11. Presentation av projektet på InfraVis-dagarna, 6 november 2024.

12. Slutpresentation av projektet på CMB frukostseminarium, 7 november 2024.
13. Slutpresentation av projektet för Trafikverket, 21 januari 2025.
14. Presentation av projektet på den internationella konferensen ”InfraBIMopen”, 3–5 februari 2025.

# Bilaga 2. Utvärdering med användare

Tabell 1. Genomförda utvärderingar med deltagare inom projektet.

Fokus	Behov och utvärdering av designkoncept	Visualisering av osynlig data inom urban planering	Visualisering av buller och utvärdering av designkoncept	Visualisering av osynlig data inom urban planering	Visualisering av buller och utvärdering av designkoncept	Visualisering av osynlig data inom urban planering	Visualisering av buller och utvärdering av designkoncept	Visualisering av data, främst luft och social hållbarhet	Visualisering av social hållbarhet	Visualisering av buller	Relevanta bullerparametrar och scenarier	Behov, utmaningar, arbete med buller idag	Behov, utmaningar, arbete med luft idag	Behov, utmaningar, arbete med luft idag	Behov, utmaningar, arbete med luft idag	Behov och utmaningar ur forskningsperspektiv	Färggupp-levelse i 3D-modell med skiftande färgseende	Feedback på design-tekniker för datavisualisering	Visualisering av möjliga konflikter/kombinerad data	
Metod	Workshop										Referensgruppsmöte					Intervjuer				Diskussion i fokusgrupp
Antal deltagare (exklusive projektgruppen)	10	18	160	39	55	3	9	4	3	1	2	1	2	1	2	9	29	9	4	
Specialister på Trafikverket	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	
Yrkesverksamma och forskare som arbetar med visualisering		X						X			X							X		
Masterstudenter på Chalmers/GU			X	X																
Grupp med nedsatt färgseende																	X			

**Tabell 2.** Genomförda workshoppar och fokusgruppsdiskussioner inom projektet.

Workshoppar i MiljöVIS. WS #	Datum	Deltagare	Syfte	Kommunikation/ dokumentation	Innehåll
1 (MiljöVIS I)	14 okt 2020 8.30 – 9.30 (1 timme) engelska	160 master-studenter, Arkitektur, Chalmers	Att diskutera buller-visualisering, behov och konceptutveckling i projektet	- Zoom (30 breakout rooms) - Zoom chat, Zoom poll - Mentimeter - Google docs, Boxnotes för dokumentation	- Projektpresentation - Test färgsände (individuellt) - Utvärdering uppfattning av skalor och detaljeringsnivå (individuellt) - Rollspel (grupper)
2 (MiljöVIS I)	21 jan 2021 9 – 12 (3 timmar) svenska	10 specialister inom buller, luft, och visualisering Trafikverket, + 3 forskare från Chalmers (arrangör/facilitator/ utvärderare)	Att diskutera specialisternas behov av visualisering av miljödata, samt och utvärdera designkoncept	- Zoom (2 breakout rooms) - Zoom chat - Miro - Google docs, Boxnotes för dokumentation	- Projektpresentation - Mapping personernas bakgrund - Behovsinventering - Utvärdering av designkoncept (grupp)
3 (MiljöVIS I)	23 feb 2021 9 – 16 (6 timmar) engelska	ca 55 masterstudenter, Interaktionsdesign, Chalmers/ Göteborgs universitet	Att diskutera bullervisualisering i 3D och utvärdera designkoncept	- Zoom (16 breakout rooms) - Zoom chat, Zoom poll - Miro - Google docs, Boxnotes för dokumentation	- Projektpresentation - Test färgsände (individuellt) - Utvärdering uppfattning av skalor och detaljeringsnivå (individuellt) - Utvärdering av designkoncept (grupp)
4 (MiljöVIS II)	22 feb 2022 10 – 16 (5 timmar) engelska	39 masterstudenter, Interaktionsdesign, Chalmers/ Göteborgs universitet	Att diskutera bullervisualisering i 3D och utvärdera designkoncept	- Zoom (10 breakout rooms) - Zoom chat, Zoom poll - Miro - Google docs, Boxnotes för dokumentation	- Projektpresentation - Utvärdering visualiseringskoncept för buller (individuellt) - Design av och diskussion kring: 1) egna designkoncept för buller visualisering (grupp) 2) Designkoncept för olika målgrupper (grupp)
5 (MiljöVIS II)	18 nov 2022 13 – 15 (2 timmar) engelska	18 yrkesverksamma och forskare som arbetar med visualisering, genom DTCCs nätverk	Att diskutera tolkning och förståelse av 3D-visualisering av osynlig data inom urban planering	- Zoom (4 breakout rooms) - Zoom chat, Zoom poll - Miro	- Projektpresentation - Test färgsände (individuellt) - Utvärdering visualiseringskoncept för buller (individuellt) - Design av och diskussion kring: 1) egna designkoncept för buller visualisering (grupp) 2) Designkoncept för olika målgrupper (grupp)
6 (MiljöVIS I)	22 juni 2022 9.30 – 12 (2,5 timmar) svenska	3 specialister på Trafikverket inom luft och social hållbarhet	Att identifiera visualiserings-behov och utvärdera olika visualiseringsförslag av social hållbarhet och luftdata	- Zoom - Zoom chat - Miro - Google docs, Boxnotes för dokumentation	- Presentation av projektet - Deltagarnas presentationer av sina områden - Identifiering av relevanta målgrupper - Identifiering av relevanta aspekter - Diskussion
7 (MiljöVIS II)	18 jan 2023 13 – 15 (2 timmar) svenska	9 specialister på Trafikverket, samt yrkesverksamma på Göteborgs Stad, inom social hållbarhet	Att identifiera relevanta målgrupper, och behov för visualisering av sociala hållbarhetsfaktorer.	- Zoom - Miro - Zoom chat - Word för dokumentation	- Presentation av projektet med fokus på målgrupper och visualisering av social hållbarhet - Identifiering av relevanta målgrupper - Identifiering av relevanta hållbarhetsparametrar - Diskussion
<b>Fokusgruppsdiskussioner i MiljöVIS. FS #</b>			<b>Syfte</b>	<b>Kommunikation/ dokumentation</b>	<b>Innehåll</b>
1 (MiljöVIS II)	29 april 2024 10 – 12 (2 timmar) svenska	4 specialister och projektledare på Trafikverket	Att undersöka relevansen av visualisering av målkonflikter i 3D, samt att identifiera vilka målkonflikter som kan visualiseras och hur.	- Zoom - Word för dokumentation	- Presentation av projektet med fokus på målkonflikter - Diskussion kring målkonflikter



Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1

Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

**[trafikverket.se](http://trafikverket.se)**