

Beställare:

*Arkus* genom Lisa Daram och  
*Vägverket* genom Torgny Bäckström

Projektledning:

*Arkitekturanalys Sthlm* genom Suzanne de Laval

Referensgrupp:

*Scheiwiller Svensson Arkitektkontor* genom  
Jonas Runberger och Herbert Scheiwiller

# Standardisering, industriell produktion och arkitektonisk kvalitet – Etapp 1

AL90 B 2008:54654

Stockholm, maj 2009

Författare:

*Scheiwiller Svensson Arkitektkontor*  
Ylva Gunterberg, Louise Lindquist Sassene  
och Johanna Bruce

*SWECO Architects*

Johnny Hedman och Mathias Ahlgren

## Sammanfattning

Standardisering och industriell produktion kan rätt hanterad innebära goda möjligheter för utveckling av såväl estetik som funktionalitet inom arkitektur och vägarkitektur. Medlen är bättre kontroll och styrning över process och resultat, högre och jämnare kvalitet på komponenter och nya designmöjligheter genom högteknologiska produktionsmetoder. För att detta skall bli möjligt måste standardisering, industrialisering och arkitektur utvecklas parallellt och i nära samspel. Standardisering skall inte användas som intäkt för att bli mindre noggrann med att inarbeta gestaltningsmässig kompetens i såväl komponentutveckling som projekt, utan som ett skäl och en möjlighet att bli bättre i de avseendena.

Ökande kostnader och den kraftiga höjningen av priser på material och arbete inom den svenska marknaden har ökat kraven på att mer standardiserade lösningar utvecklas för att hålla nere produktionskostnaderna. Det finns stora vinster med att effektivisera genomförandet i stort och förkorta färdigställandetiderna genom en bättre planering, mer genomtänkta och standardiserade utföranden och lösningar. För att en ökad standardisering skall kunna införas måste lösningarna vara anpassade till den genomförandeprocess som används. Inom anläggningsbranschen behövs metoder för att standardisera processer och komponenter att utvecklas liksom upphandlingsförfaranden och hanteringen av LOU.

I föreliggande studie har Scheiwiller Svensson arkitektkontor förenat sin expertis inom standardisering med väggestaltungsexpertis hos Sweco Architects i Falun för att tillsammans ta fram en metod för standardisering för Vägverket. Den är baserad på en helhetssyn där arkitektoniska värden förenas med industriell rationalitet.

Det som behöver utvecklas är:

1. metoder för standardisering, modularisering, design och tillverkning
2. standardiserade komponenter och dess tillämpning i projekt
3. system där de standardiserade komponenterna kopplas till projektprocesserna.

Rapporten inleds med en introduktion av de principer och begrepp inom ämnesområdet standardisering, som ligger till bas för arbetet. Sambanden mellan standardisering, utveckling och arkitektur belyses utifrån projektgruppens erfarenheter. Begreppet arkitektonisk kvalitet inom vägbyggandet utvecklas och diskuteras i förhållande till tankar kring standardisering. Den ekonomiska aspekten behandlas specifikt, och de möjligheter till vinster som standardisering kan ge analyseras gällande estetik, teknik och ekonomi..

Materialet som här presenteras är en Etapp 1 med möjlig fortsättning och fördjupning i en Etapp 2. Fokus för Etapp 1 har varit att studera arkitekturbärande komponenter i vägmiljö utanför

tätort. I rapporten redovisas två intervjuer, den med en projektledare och den andra med en landskapsarkitekt.

Intervjuerna visar på en stor samstämmighet i uppfattningen om vad standardisering skulle kunna innebära som ett verktyg i arbetet med att skapa goda vägmiljöer. De pekar på potentialen i ökad standardisering som ett sätt att optimera arbetsprocesser för att vinna tid och förbättra ekonomin i projekten. De ser också en potential i att utveckla arkitekturbärande komponenter i existerande eller nya produktfamiljer.

Två studiebesök redovisas, det ena utanför Göteborg längs RV40 och det andra norr om Uppsala längs E4 och Bärbyleden. Studiebesöken har genomförts och dokumenterats med fokus på de komponenter och processer som tydligt påverkar projektets estetiska slutresultat, och som i sin tur är resultat av ekonomiska och tidsmässiga överväganden. Detta har gjorts för att belysa förutsättningarna för att åstadkomma god vägarkitektur.

Under Etapp 2 kommer en *modulariseringsmetod*\* att utvecklas specifikt för Vägverket. Metoden syftar till att hantera komplexa kravbilder på ett rationellt sätt och är ett verktyg för hur standardisering och arkitektonisk kvalitet kan utvecklas i samklang. Arbetet har två huvudsakliga delar; en systemöversikt av arkitekturbärande komponenter, samt en initial studie av en specifik produktfamilj. Systemöversikten görs genom att identifiera de arkitekturbärande komponenter som används i Vägverkets projekt idag. Av särskilt intresse är att titta på hur vardagsprojekt respektive projekt med symbolvärde, använder sig av dessa komponenter och hur dessa olika typer av projekt kan samverka för att uppnå bästa möjliga resultat avseende kvalitet och kostnadseffektivitet.

Den initiala studien har till funktion att utifrån ett konkret fall utveckla modulariseringsmetoden. En produkt av de åtta som redovisas i bilaga 4 utgör fallstudien. En granskning görs om det är i projekteringen, i tillverkningen eller i anläggningsutförandet som insatser behöver göras för att få till stånd en mer verkningsfull standardisering. Metoden ger också redskap att hantera avvägningen och optimering mellan ekonomiska, processrelaterade och estetiska krav för varje komponent. En kravspecifikation är del av projektets slutprodukt liksom beskrivningen av de processer och metoder som ligger till grund för dess utarbetande.

Arbetet under Etapp 2 kommer att bedrivas genom kontinuerlig utveckling av ett antal modulariseringsmodeller parallellt med faktainhämtning genom referensgruppsmöten, studiebesök, temaseminarium och intervjuer med Vägverket, konsulter och entreprenörer. På detta sätt utvecklas metoden för standardisering och kravspecifikationer i samspel med de framtida användarna.

## Abstract

Standardisation and industrial production is entering into the sector of construction and infrastructure. The increasing prices of material and salaries in the market request more standardized solutions to moderate the production costs. The knowledge to produce components and elements has developed and actors from other industrial sectors enter into the market. Standardization and prefabrication is often criticised for neglecting aesthetic aspects and design, which gives surroundings with less quality. A project within Arkus in collaboration with Scheiwiller Svensson Arkitektkontor has dealt with the development of architectural aspects in prefabrication connected to volumetric elements in housing (Boverket 2006). That project shows that there need not be a contradiction between prefabrication and good design if only the form aspects are taken into account in the entire process and the details are taken care of throughout.

This project aims at developing a common method for an applied optimization for Vägverket regarding the iterative processes of components which are vital when it comes to aesthetic values of road design and architecture. The expertise of standardization and industrial production within Scheiwiller Svensson Arkitektkontor is combined with the proficiency of road design at Sweco Architects in order to define an applicable model for road design development in which finance, time and aesthetics are optimized. Consequently a method which defines both qualitative and quantitative data is proposed.

What needs to be developed are:

1. methods for standardization, modularization, design and applied road construction
2. standardized components and their use in the construction
3. the system in which the components will fit.

A successful standardization may even strengthen the aesthetic aspects because of the better economy and the possibilities for more work on the design. The standardization should be a reason for a good design and not an excuse for low quality. In the project Phase 1 we have design a method for standardization that incorporates aspects of time, finance and aesthetics (design) in road design and how it applies to components, systems and processes. A case study in Phase 2 will provide essential input in order to define the method which is the entire projects main intent. By means of interviews with one experienced project leader and one skilled landscape architect, and extensive road excursions along RV40 in western Sweden and the E4 north of Uppsala, the project group has collected information which has served as a basis to the suggestions of method development and as a scope for Phase 2 of the project. The method for standardization will be developed in a way that combines resource efficiency with aesthetic values, both regarding processes and component design – this in order to achieve an optimized standardization process within Vägverket. The result of the project will be a specification of requests on aesthetic and design aspects to show the potential of development of components and processes.

## **Keywords**

Arkus, customization, E4, industrialization, iterative process, component, solution space, models, modularization, modularity, parametric, process model, RV40, standardization, Scheiwiller Svensson Arkitektkontor, Sweco Architects, system, Vägverket

# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	2
Abstract .....	4
Keywords .....	5
Innehållsförteckning .....	6
1. Inledning, syfte och läsanvisning.....	8
2. Standardisering med helhetssyn – en utmaning.....	9
2.1 Bakgrund.....	9
2.2 Arkitektonisk kvalitet inom vägbyggandet .....	11
2.3 Erfarenheter av och möjligheter med standardisering.....	14
2.4 Standardisering och ekonomi .....	17
2.5 Problemformulering och avgränsning.....	22
3. Intervjuer och studiebesök .....	23
3.1 Metod .....	23
3.2 Intervju med projektledare Kjell Mårtensson på Vägverket, Göteborg .....	24
3.3 Intervju med landskapsarkitekt Catarina Holdar, Tyréns, Stockholm .....	28
3.4 Studie av Bärbyleden och E4 sträckan Uppsala - Mehedeby.....	31
3.5 Slutsatser av studie av Bärbyleden och E4, Uppsala - Mehedeby .....	31
4. Slutsatser Etapp 1.....	33
5. Förslag till Etapp 2.....	35
5.1 Utveckling av en metod för modularisering.....	36
5.2 Mål för metodutvecklingen.....	37
5.3 Modularisering - från produktindustri till anläggningssektor .....	37
Bilaga 1. Ordlista .....	40
Bilaga 2. Litteraturlista .....	47

Publicerade källor.....	47
För vidare läsning.....	48
Elektroniska källor .....	49
Bilaga 3. Intervjuer .....	50
Intervju med Kjell Mårtensson.....	50
Intervju med Catarina Holdar.....	53
Bilaga 4. Genomgång av produkter aktuella för fallstudie.....	57
Apparatskåp; elskåp, pumpskåp.....	57
Bullerskydd; skärmar ej vallar .....	58
Erosionsskydd och släntbeklädnader .....	59
Mittbarriärer .....	60
Räcken, anslutningar, byten, övergångar .....	61
Skyltbärare och portaler .....	62
Stödelement.....	63
Viltstängsel.....	64

# 1. Inledning, syfte och läsanvisning

Denna rapport beskriver Etapp 1 av utvecklingsprojektet *Standardisering, industriell produktion och arkitektonisk kvalitet*, som genomförts av Arkus genom Scheiwiller Svensson Arkitektkontor och Sweco Architects, för Vägverket. Etapp 1 är att betrakta som en förstudie inför en fördjupad Etapp 2.

Det övergripande syftet är att belysa möjligheter och svårigheter beträffande standardisering med arkitekturfrågorna särskilt i fokus. Dagsläget när det gäller standardisering av processer såväl som komponenter inom vägbyggandet studeras. Med utgångspunkt i detta görs en genomgång av möjligheter och önskemål avseende en utveckling mot ökad standardisering. Tanken är att utvecklingsarbetet skall utmynna i en kravspecifikation för standardisering, med fokus på de arkitektoniska aspekterna för såväl processer som komponenter. Kravspecifikationer måste, för att bli verkningsfulla, enligt författarnas mening riktas i första hand mot de metoder som används vid standardisering.

Drivkrafterna för standardisering begränsas alltför ofta till förväntade kostnadsbesparingar och en ökad rationalitet. Baseras standardiseringen enbart på dessa grunder blir resultatet mycket lätt en standardisering av byggverksamhetens slutprodukter, vilket kan bli katastrofalt för samhällsbyggandet och kunderna ur både ett estetiskt och ekonomiskt perspektiv. En standardisering av slutprodukterna innebär en konservering av metoder såväl som av produkter, där utveckling och samspel med samhället i övrigt förhindras. Det viktigaste skälet för standardisering anser vi vara just utveckling. Tankar om utveckling springer ofta ur jämförelser och intryck av referenser. En standardiserad verksamhetsstruktur stödjer jämförbarhet och kommunikation. Standardisering av processer och metoder innebär också möjlighet till arkivering, kommunikation och ett kontinuerligt förbättringsarbete som inte är möjligt utan en gemensam bas. Standardiseringen kan också användas som metod för en ökad kontroll inte minst av kvalitet. Med kontroll över möten mellan konstruktionsdelar, toleranser och krav på ytor och material där slutresultatet faktiskt överensstämmer med det formgivna, kan man uppnå en högre arkitektonisk kvalitet.

Ovanstående resonemang bygger på att man använder sig av en betydligt mer komplex uppsättning av krav på standardiseringen och dess resultat, än vad som är gängse inom bygg- och anläggningsbranschen idag. För att lyckas måste man lära sig att arbeta effektivt och kreativt med *system\**, och kunna hantera standardiseringsprocesser där en del av arbetet måste ske på en betydligt högre abstraktionsnivå än vad man är van vid. En helhetssyn på byggandets processer och komponenter måste delas av alla aktörer som deltar i arbetet.

I samarbetet bidrar Scheiwiller Svensson Arkitektkontor med kunskap och erfarenhet inom standardiserings- och industrialiseringsmetoder med praktisk förankring i byggbranschen, och

Sweco Architects med kunskap inom vägarkitektur och utvecklingsarbete kopplat till detta, samt med djup kunskap om Vägverkets arbetsprocesser och verksamhet.

Genom att kombinera våra kunskapsfält skapar vi författare en kunskapsbas för att formulera ett effektivt och nydanande utvecklingsarbete, där syftet är att lägga en grund för standardisering av vägbyggandets komponenter och processer, där arkitekturfrågor hanteras på ett integrerat sätt.

Rapporten inleds med en omfattande bakgrundsbeskrivning som dels går igenom principer för standardisering och dels vägarkitekturens förutsättningar. Därefter redovisas studiebesök och intervjuer, som ligger till grund för de analyser som bygger upp strukturen för arbetet i Etapp 2. Som bilaga till rapporten finns en ordlista som omfattar alla facktermer som läsaren inte kan antas känna till i förväg. Dessa ord är markerade med *kursiv text* och asterisk\*, när de förekommer för första gången i texten.

## 2. Standardisering med helhetssyn – en utmaning

### 2.1 Bakgrund

Under de senaste åren har starka drivkrafter utvecklats för en ökad industrialisering inom byggbranschen. En bakomliggande orsak är en tro på ökad konkurrenskraft och lönsamhet genom sänkta kostnader och kortare genomförandetider för projekten. Mer sällan talas det om en ökad konkurrenskraft till följd av den kvalitetshöjning de industrialiserade planerings- och byggmetoderna skulle kunna resultera i.

Vad innebär då begreppet industrialisering inom byggsektorn?

Jerker Lessing (2006), formulerar kriterierna för ett industrialiserat byggande så här:

1. planering och kontroll över processen
2. utvecklade tekniska system
3. fabriksstillverkade byggdelar
4. långsiktiga relationer mellan aktörer
5. logistik integrerad i byggprocessen
6. kundfokus
7. användning av informations- och kommunikationsteknologi
8. systematisk resultatmätning (eng. performance measurement), och återanvändning av erfarenhet.

Ökad industrialisering påverkar inte bara byggmetoder och graden av förtillverkning, utan i allra högsta grad det sätt på vilket ett byggföretag leds, dvs. hur man planerar och styr sina processer. Vi saknar dock i ovanstående punkter ett tydligt formulerat *kriterium\** som befäster standardiseringens roll för industrialisering, i meningen standardiserade (jämförbara och återupprepningsbara) processer och komponenter. I flera av punkterna ovan är syftet en ökad upprepnings-effekt: av processer, av tekniska principer, av komponenter och inte minst av kunskap.

Följande tre begrepp används i denna rapport: industrialisering, standardisering och modularisering. En tydlig avgränsning mellan begreppen är svår att göra men huvudsakligen är standardisering en form av industrialisering som innebär att information, processer, komponenter eller kunskap har definierats och sedan återupprepas. Modularisering är en form av standardisering där informationen och processerna eller komponenterna, har delats in i mindre moduler och där enbart gränssnitten mellan dessa moduler är standardiserade för att kunna passa samman. Detta tillåter variation av de delar av modulen som inte utgör ett gränssnitt mot en annan modul.

Inom bygg- och anläggningssektorn har man länge arbetat projektorienterat i en kraftigt decentraliserad struktur. Projekten tycks i stor utsträckning styras efter arbetsgruppens specifika förmåga, och de krav som ställs centralt handlar främst om uppfyllandet av ekonomiska och funktionella mål. Om industrialiseringen skall få genomslag krävs ett paradigmskifte. För att skapa grogrund för utveckling måste man börja kommunicera både i horisontal- och vertikalled i den hierarkiska organisationen, även på projekt- och individnivå. Skall detta fungera måste man för att skapa jämförbarhet, kunskapsöverföring, utveckling och effektivitet, dokumentera projekten i hela sin komplexitet.. Det gäller såväl kvalitativ information som kvantitativ. Det handlar om metoder, processer, kvalitetsfrågor, arkitektur- och designfrågor, logistik, informationshantering, erfarenhetsåterföring och ledarskap i lika hög utsträckning som det handlar om resultat gällande tid och ekonomi. Detta ställer höga krav på dokumentation och spridning av information – en verklig utmaning för branschen.

När standardiserad och jämförbar information kontinuerligt blir känd för en större grupp användare, skapas en naturlig drivkraft för utveckling, som i sin tur kan leda till konkurrenskraft. För att skapa en sådan s.k. *iterativ\** princip för kunskapsutveckling inom en organisation, krävs ett växelspel mellan de hierarkiska nivåerna i organisationsstrukturen. Lärdomar som dras genom jämförelser och utveckling både i horisontal- och vertikalled på projektnivå, måste lyftas till en högre nivå i beslutshierarkin så att beslut kan fattas där de nya kunskaperna tillåts påverka de gemensamma systemen och direktiven. I nästa *iteration\** på projektnivå dras nya lärdomar, som i sin tur skapar förutsättningar till ytterligare utveckling av de gemensamma *systemen\** och kunskaperna. Kommunikationsflödet ökar på så vis både horisontellt och vertikalt i organisationsstrukturen. För att metoden skall fungera krävs en mycket tydlig systematik och en informationshantering som är känd för alla individer i organisationen.

Intelligent och känsligt hanterad kan standardisering, som växelverkar på detta sätt, leda till utveckling inom många områden, inte minst inom arkitektur- och designområdet. En successiv förfining av standardiserade processer och analysmetoder som stödjer designarbetet kan påverka vägarkitekturens kvalitet och estetik.

Arkus och Scheiwiller Svensson arkitektkontor har tidigare arbetat med utveckling av arkitektoniska aspekter på prefabricering i form av volymelement. Det ledde till publicering av rapporten *Bostäder byggda med volymelement* (Boverket 2006). I det arbetet blev det tydligt att det inte behöver bli någon motsättning mellan standardisering, prefabricering och god gestaltning, om bara gestaltungsaspekterna tas in i hela processen och de standardiserade och prefabricerade komponenterna hanteras på ett bra sätt vid utformning av det enskilda projektet.

## 2.2 Arkitektonisk kvalitet inom vägbyggandet

### *Kvalitetsbegreppet inom vägarkitektur*

God vägarkitektur är när teknik, funktion och estetik samverkar till en helhet. Redan den romerske arkitekten Vitruvius sammanfattade (år 100 f. Kr) i ”Tio böcker om arkitektur”, förutsättningarna för god arkitektur i begreppen skönhet, hållbarhet och funktion (*venustas, firmitas och utilitas*).

Ett försök att konkretisera de begrepp som används idag innebär att de tekniska aspekterna behandlar vägens konstruktiva egenskaper: bärighet, avvattning och *teknisk livslängd\** med mera. De funktionella egenskaperna är exempelvis framkomlighet, kapacitet, trafiksäkerhet och tillgänglighet. Estetiska aspekter på vägen handlar om hur människor upplever vägen: rytm, skala, form och karaktär. Det som är unikt med vägarkitektur jämfört med byggnadsarkitektur är att vägmiljön ofta upplevs av betraktare som är i snabb rörelse i ett fordon. Vägen sträcker sig genom olika rum i landskapet – en rytm skapas för trafikanten, samtidigt som vägen i sig kan vara rumsbildande som t.ex. en bergskärning. I konstarter som film och musik kan estetiken i rörelsen och rytmen uttryckas och skildras och vägen och trafiken är grundmotiv i många filmer och musikproduktioner.

I tekniska och filosofiska sammanhang betyder ordet kvalitet ofta egenskap. I arkitektoniska sammanhang avser begreppet oftast arkitekturens värde: bra - dåligt, vackert - fult. Beträffande kvalitet hos vägens arkitektur finns ett antal grundläggande egenskaper som är avgörande. Vägens sträckning, vald *linjeföring\**, vägområdets möte med omgivande terräng som slänternas form och anslutningar, placering och utformning av räcken och stängsel är några exempel som kan bedömas: Svarar byggnadsverket mot högt eller lågt ställda kvalitetskrav?

Arkitektonisk kvalitet inom vägbyggandet uppnås när vägens former harmonierar med landskapet och utformningen av allt från broar till detaljer är resultat av medvetna val som ger en balanserad helhetslösning.

### *Processer som påverkar vägarkitekturen*

I våra analyser har vi valt att utgå från projektledarens och landskapsarkitektens perspektiv och ansvarsområde. Därmed fokuserar vi på de förutsättningar som gäller för genomförandet från och med att en konkret beställning av ett investeringsprojekt görs inom Vägverkets organisation. I det skedet klargörs uppdragets resurser, tidsplaner och begränsningar vilka samtliga har betydelse för val av tillvägagångssätt och vägens utformning.

Många av de mer övergripande vägkvalitetsfrågorna avgörs tidigt i processen, exempelvis vägens standard (skyltad hastighet) och vägtyp (sektion, vägbredd). Detta är styrande aspekter som projektledaren inte kan påverka och som delvis har en bakgrund i en politisk process. Ett problem är att det ibland finns en ryckighet i besluten inför planerade vägsatsningar, där tidigare studerade utbyggnadsbehov av en undermålig väg med förslag till ny, modern, standard snabbt kan ändras. Skälet är att med vissa omprioriteringar och ändringar kan ett vägföretag inrymmas inom gällande budgetramar. Inte sällan förekommer det påtryckningar från lokal politisk nivå för att få vägen byggd så snart som möjligt. Det finns åtskilliga exempel på att planerade 13-metersvägar blivit fyrfältsvägar eller tvärtom, och att korsningspunkter ändrats, strukits eller givits en helt annan standard. Sådant är av stor betydelse för den färdiga vägens arkitektur, och ibland en olägenhet för aspekter som rör säkerhet och anpassning till landskapet.

En processrelaterad kvalitet som projektledaren har att hantera är vägens linjeföring, dvs. dess samspel med landskap och terräng. Beroende på skede i processen finns det olika frihetsgrader att påverka linjeföringsfrågorna. Den arkitekturbärande *komponenten\**, linjeföring – valet av *linjeföringselement\**, är starkt beroende av projektledarens egna kunskaper och kompetensen hos den projekterande konsulten. Utbudet av *linjeföringselement\** är begränsat och styrs i sin tur av beslut som rör vägtyp och vägstandard. Kombinationen av dessa element, t.ex. raklinjer och cirkelbågar, ger vägens läge i landskapet och påverkar därmed starkt vägens arkitektur.

På en mer ”vägnära” detaljerad nivå finns processrelaterade bedömningar och beslut som avgör val av räcken, bullerskydd, belysningsstolpar med mera. Här kan framhållas två dimensioner som har betydelse för resultatet och möjligheten att genom en god process påverka det i en riktning som ger god vägarkitektur. Det handlar dels om entreprenadformer och dels om LOU – lagen om offentlig upphandling. Utförandeentreprenad, som är den entreprenadform som mest frekvent används, ger byggaren av vägen stora friheter att välja lösningar inom de funktionella krav som beställaren Vägverket har. LOU föreskriver att det ekonomiskt mest fördelaktiga alternativet skall väljas, vilket innebär att inför en upphandling av exempelvis vägräcken så får i praktiken priset stor betydelse.

## **Arkitekturbärande komponenter och dess påverkan på vägarkitekturen**

En komponent är en avskiljbar del av vägrummet utformad i en tillverknings- eller byggprocess. Processen skall kunna analyseras i stegen från planering, projektering till genomförande med ingående moment som upphandling, avrop, slutbesiktning osv. I juridisk mening kan komponenten beskrivas som en väganordning (definition gäller för allmänna vägar):

*”Anordning som stadigvarande behövs för vägens bestånd, drift eller brukande och som kommit till stånd genom väghållarens försorg eller övertagits av denne.”*  
(Citat ur 2 § Väglagen.)

Ett annat sätt att försöka beskriva en komponent är hanteringen av fysiska föremål i det regelverk som gäller för vägprojektering, Vägars och Gators Utformning (VGU).

I kapitlet *Grundvärden*, där siktobjekt i vägrummet beskrivs, finns följande text:

*”Siktobjekt är grundvärde i VGU för att bestämma sikt i olika trafiksituationer. Trafikanterna måste ha överblick över vägrummet för att kunna observera och identifiera siktobjekt och sikthinder som:*

- andra trafikanter, t.ex. mötande, korsande eller upphinnande, som man måste se för att kunna samspela med*
- hinder på vägbanan, t.ex. föremål som man måste se för att kunna bromsa eller väja för*
- trafikordningar, t.ex. vägmärken, vägmarkeringar och trafiksignaler*
- hinder utanför vägbanan, t.ex. i siktområden i vägkorsningar, som man måste kunna se över.”*

Vidare finns i VGU:s linjeföringskapitel en handledning för att göra siktkontroll för motorfordonsförare:

*”Siktkontroll för stoppsikt, dubbel stoppsikt och omkörningssikt (vänsterkurva) skall ske enligt följande princip.*

*Siktlinjens läge i förhållande till väglinjen beräknas och kontrolleras stegvis för:*

- horisontalkurva*
- vertikalkurva.*

*Metoden innebär att erforderligt sidoavstånd ( $a_1$ ) jämförs med tillgängligt sidoavstånd ( $a_2$ ) med hänsyn till den siktskymmande terrängens höjd ( $h$ ) över körbanan. Metoden förutsätter att kurvornas båglängder är längre än den erforderliga siktlängden. Om horisontalkurvans båglängd är kortare ger metoden ett sidoavstånd som ligger på säkra sidan.*

*Siktproblem pga. räcken, stödmurar, tunnelväggar, vegetation, snövallar, vägvisning etc. kan uppträda i högerkurva på dubbelriktade vägbanor och dessutom i vänsterkurva på enkelriktade vägbanor t. ex. i mittremsa på motorväg och längs ramper.”*

Exempel ur VGU på tillämpning av siktstandard:

*God standard innebär att en personbilsförare som har 2 sekunders reaktionstid, och kör med tillåten hastighet, måste bromsa relativt hårt på våt vägbanor för att kunna stanna inför ett uppdykande, 0,2 m högt hinder i en lång konvex vertikalkurva med samtidig horisontalkurva, båda med minimiradier för god standard. Vid vinterväglag krävs att vägbanan är nysandad.*

Regelverkets beskrivningar är inte direkt överförbara till begreppet komponent men har ändå viss relevans eftersom fysiska, visuellt påtagliga delar i väggrummet här behandlas utifrån trafikantens perspektiv. Vägprojektören skall beakta dessa värden i sina analyser som rätt använda bidrar till en god vägutformning. Från en mer generell estetisk utgångspunkt kan vägmiljöns ingående delar grovt delas in under begreppen enhetlighet och karaktär och vidare analyseras med avseende på skala, struktur, färg med mera.

Till detta kommer en bedömning av hur komponenten tillverkats eller byggts, där kvaliteter i utförandet som rör komponentens finish är central.

## 2.3 Erfarenheter av och möjligheter med standardisering

### *Standardisering på flera nivåer*

Standardisering förekommer på flera olika nivåer. Enligt Haaber-Bernth och Lembke (2004) finns standarder som är resultat av standardiseringsprocesser på fyra nivåer; internationell-, nationell-, industri- samt företagsstandard. En standard på industrinivå påverkar alla aktörer inom den branschen som väljer att ansluta sig till standarden. Ett företag som vill använda standardisering som ett verktyg för att komma till högre resurseffektivitet utvecklar en standard skräddarsydd efter sina behov och mål. Det är naturligt att en mer lokal standard bygger vidare på en mer generell standard.

Denna rapport grundar sig på standardisering på företagsnivå. Nationella standarder är redan idag implementerade inom anläggningsbranschen. Vägverket är en myndighet och inte ett företag, men det finns stora likheter i de behov som verksamheten har för att nå bättre slutresultat i sina projekt gällande högre kvalitet och större resurseffektivitet. Eventuellt kan ett standardiseringsarbete för Vägverket resultera i en industristandard eftersom troligen alla aktörer på marknaden kommer att anamma Vägverkets standard.

## Grundbegrepp inom standardisering

Begreppet standardisering handlar som nämnts i hög grad om att öka återanvändbarheten i en värdeskapande *process*\*. Genom standardisering *abstraheras*\* och generaliseras gemensamma egenskaper och *kriterier*\* för en grupp aktiviteter eller objekt. Standardisering innebär att ställa krav på en aktivitet eller ett objekt på ett sätt som medger ett definierat utrymme för variation, inom de krav som standardiseringen anger. Såväl processer som produkter eller fysiska resultat kan standardiseras men intressant att nämna är att alla fysiska resultat kan hänföras till utförda processer. Med andra ord, allt som ingår i en byggprocess skulle kunna *modelleras*\* - ritas upp, som en *processmodell*\* eller processkarta.

De utgångspunkter som är bas för standardiseringen, kan ofta också - men inte alltid, fungera som enhetens *klassificeringskriterier*\*. Om man t.ex. beslutar att fönsters brandklass skall anges avseende täthet, kommer man att kunna gruppera fönstren efter detta. Om man beslutar att en process skall innehålla ett arbetsmoment som skall tidsmätas, kommer man att kunna gruppera de utförda momenten efter tidsåtgång.

*Klassificering*\* är en viktig princip för standardisering, då det är via klassificering vi kan tillåta oss att tala om generella aspekter hos en grupp *enheter*\*. Det som är lika hos enheterna i gruppen kan standardiseras, medan det som är olika inom gruppen hanteras som *varians*\*.

Standardisering kan alltså ske av processer såväl som av komponenter. Vi frågar oss i denna rapport om till och med en designprocess skulle låta sig standardiseras på ett sätt som främjar utveckling.

Standardisering resulterar i grupperingar av enheter med vissa definierade egenskaper. Enheterna har i och med detta definierade likheter, men också ett specifikt spektrum av möjliga olikheter. När enheternas relationer till varandra definieras, till exempel hur de kan konfigureras till en produkt, åstadkoms något som vi kan kalla ett *system*\*. Systemet kan definieras av både fysiska enheter och processenheter.

En designprocess kan också standardiseras utifrån dess ingående delmoment. När varje betydelsefullt delmoment har definierats, kan krav på "input" till och "output" från delmomentet ställas. Krav på "input" kan vara krav på att en viss mängd och typ av information behövs för att momentet skall bli meningsfullt. Ett annat standardiserat krav på delmomentet kan gälla krav på kompetensprofil hos den grupp som skall arbeta med momentet. Det kan också finnas standardiserade krav på vilka metoder som skall användas. Krav på "output" kan gälla krav på hur dokumentationen av både processen och dess resultat skall genomföras, och på hur dessa kommuniceras.

Förslag till förbättringar av den standardiserade designprocessen kan också vara en "output" från delmomentet. Det är troligt att graden av återanvändbarhet, inläring, erfarenhetsåterföring och jämförbarhet skulle öka med en välformulerad, standardiserad arbetsprocess som är under

ständig utveckling. Idealt skulle standardiseringen genomföras utan att alls resultera i en låsning av slutresultatets form och egenskaper, och en stor *lösningsrymd*\* skulle behållas.

### **Värdeskapande standardisering**

Den styrning som standardisering innebär blir bara värdefull om en kontinuerlig utveckling finns inbyggd, och där strävan är ständig förbättring. Om standardiseringen hindrar utveckling och innovation, motverkar den sitt syfte. Målet bör vara en dynamisk, processororienterad standardisering som fokuserar på utveckling av metoder snarare än begränsningar av slutresultaten.

Standarden kan också i många fall vara öppet tillgänglig, för att ge utrymme för konkurrens och utveckling. Styrning kan ske via många kanaler; metod, verktyg, resultat, deltagare, komponenter och deras sammansättning. Styrningen kan också delas in i programkrav och resultat. Med en programstyrd, funktionsorienterad standardisering finns utrymme att utveckla många parallella resultat till en och samma uppsättning krav. Detta genererar i sin tur konkurrens mellan olika lösningar och ett större totalt Lösningstrymme. Om utvecklingen av både lösningar och programkrav kopplas till varandra kan programkraven successivt utvecklas för att motsvara krav på nya, mer utvecklade lösningar.

När det gäller standardisering av verktyg ökar kompatibiliteten och förutsättningarna förbättras för kommunikation mellan olika aktörer, men standardiseringen kan samtidigt verka hämmande på utvecklingen. Verktygen, både de digitala och de mekaniska, måste utvecklas i samverkan med användaren och med inriktning på den långsiktiga utvecklingen. Med verktyg som begränsar sig till att kunna stödja enbart exakt det förutbestämda eller förväntade arbetsmomentet hindras utvecklingen, engagemanget hos användaren sjunker och därmed kvaliteten hos slutresultatet. Verktygen skall stimulera användaren att tänka och söka förbättring. Det är ofta genom omvägar, upptäcktsfärder och mångfald som innovation föds.

### **Modularisering – en form av standardisering**

Modularitet kan beskrivas som resultatet av en *modulariseringsprocess*\* där ett system (t.ex. en byggnad) delas upp i mindre delar eller subsystem, som kan hanteras relativt oberoende av varandra och användas i flera olika typer av konfigurationer. Det är viktigt att notera att modularitet inte bara avser de fysiska aspekterna av ett system, utan omfattar även processer.

*Modularisering*\* är en metod för standardisering som ger ett system med särskilda egenskaper.

Modularitet karaktäriseras av:

1. indelning i relativt oberoende funktionella enheter
2. objektorienterade beskrivningar av dessa enheter och väl definierade *gränssnitt*\*
3. utbytbarhet inom en *produktstruktur*\* av en enhet mot en annan med bibehållna gränssnitt.

Modularitet kan ses som ett försök att kombinera standardisering med varians och flexibilitet. Ett sätt att åstadkomma varians är att se till att enheterna är kompatibla med varandra på flera olika sätt. Det finns alltså enheter som passar ihop med flera andra enheter, på så sätt att en pusselbit i konfigurationen kan ersättas av en annan pusselbit. Konfigurationen/pusslet kan alltså läggas på flera olika sätt och slutresultatet kan se olika ut.

Varians kan också åstadkommas genom att enheterna har en inbyggd flexibilitet. Detta innebär att ”pusselbiten” kan påverkas och delvis förändras av den som lägger pusslet, samtidigt som den bibehåller de egenskaper som krävs för att den fortfarande skall passa in i pusslet. I detta fall har enheterna, för att tillåta varians, givits något vi kallar för *parametriska*\* egenskaper.

Med parametriska egenskaper avses att enheten är behäftad med variabler i kombination med, eller istället för, konstanta värden. En enhet med parametriska egenskaper kan varieras inom variabelns intervall, vilket gör enheten mer anpassnings- och återanvändningsbar. När en generell modell av något tillämpas i ett specifikt fall, och dess variabler låses i relation till detta, kallas det för *instansiering*\*.

### ***Missriktad standardisering***

Standardisering sker oftast utifrån uppställda mål, som t.ex. kan vara en definierad teknisk kvalitet eller kompatibilitet mellan komponenter, med ibland förekommer också en så kallad omedveten standardisering. Detta uppträder när man t.ex. av hävd upprepar lösningar som man känner till eller använder komponenter som man är van vid, utan att kritiskt granska hur detta relaterar till övergripande mål för verksamheten, om det finns alternativ att undersöka eller om lösningen skulle kunna utvecklas från fall till fall.

Standardisering skall enligt vår uppfattning inte förväxlas med sortimentsbegränsning. Sortimentsbegränsning innebär att man specifikt anger ett urval komponenter som får användas för *konfiguration*\* av en produkt. På detta sätt har man inte tillgodogjort sig den potential som standardisering istället skulle kunna ge, som till exempel jämförbarhet, återanvändbarhet, utveckling och varians.

## **2.4 Standardisering och ekonomi**

### ***Standardisering och kostnadseffektivitet i praktiken***

Längs vägen finns en mängd komponenter som var och en kan beskrivas som standardiserade och tillverkade i en industriell process. Viltstängsel, dräneringstrummor, belysningsstolpar, räcken, fundament, apparatskåp, skyltar – alla är de standardiserade produkter som var och en tillverkats för att vara konkurrenskraftiga på den marknad som väghållningen erbjuder.

Vägverket utlyste under arkitekturåret 2001 en tävling om vägutrustning – stolpar, portaler, bro- och vägräcken, mittbarriärer och skyltbärare. Resultatet visade tydligt att det finns en potential för bättre formgivning av vägprodukter och att samordningen och samhörigheten mellan produkterna kan förbättras. Däremot har inte resultatet visat att det finns några omedelbara ekonomiska vinster att ta hem genom att utveckla en ny produktfamilj.

Det vinnande förslaget ”Safeline” är en speciell satsning med särskilda förutsättningar som väcker fler frågor än svar på hur marknaden skall utvecklas från ett beställarperspektiv.

De analyser som gjorts utifrån studieresor och intervjuer inom Etapp 1 visar en aspekt av komponentkvaliteter som förefaller vara särskilt angelägen. Det handlar om begreppen modularitet och modularisering och avser relationen mellan olika delar i vägmiljön. Projektledare, bygglidare och entreprenörer får ofta arbeta med att platsanpassa olika lösningar, vilket kan vara ineffektivt och fördyrande. Några exempel på detta är anslutningen mellan broar och viltstängsel, mötet mellan olika räkestyper och inte minst samordningen av de servicebyggnader och installationer som finns på rastplatser.

Två skilda sorters vägprojekt kan identifieras. Dels finns ”vardagsprojekten” där projektledaren och entreprenören är hänvisade till det utbud som finns vid tidpunkten för upphandling. Dels finns de speciella projekt som genom sitt symbolvärde, sin storlek eller investeringsvolym kan inrymma ett utvecklingsarbete. Ullevimotet i Göteborg, Södra Länken i Stockholm och den i projektet studerade Bärbyleden II i Uppsala är alla sådana exempel.

För vägbyggnadssektorn generellt är det rimligt att parallellt identifiera strategier för båda dessa projekttyper. Vardagsprojekten bör omfattas av en generell marknadsöversikt och en analys som utgår från begreppen modularitet och modularisering. Symbolprojekten bör analyseras utifrån en annan utgångspunkt och koncentrera analysen på vilka upphandlingsformer och upphandlingskriterier som är tillgängliga och tillämpliga för enstaka projekt.

### ***Att räkna på ekonomiska effekter av standardisering***

Generellt tycks det finnas en stark tro på en koppling mellan standardisering och förbättrad kostnadseffektivitet, men det finns endast begränsad information kring vilka de verkliga ekonomiska effekterna är av att standardisera, Haaber-Bernth & Lembke, (2004). Den tydligaste ekonomiska effekten ser ut att vara möjligheten till besparingar, men även ökade intäkter kan i vissa fall vara aktuella. Vi har dock inte funnit några beräkningsmetoder för ekonomiska konsekvenser av standardisering som tar hänsyn till de mycket komplexa effekter standardisering ger. Möjliga besparingar måste ställas mot konsekvenser för produktens säljbarhet och möjligheter till kund Anpassning, påverkan på företagets varumärke och konsekvenser för den långsiktiga produktutvecklingen.

Det finns t.ex. beräkningsmodeller för att komma fram till effektivitetstal för tekniska *plattformar\**, som baseras på de kostnader och den tid som involveras i hanterandet av plattformen, Meyer & Lehnerd (1997). Det handlar om de resurser som åtgår till att utveckla produkter baserade på plattformen, för att lägga till funktionalitet till plattformen eller att utveckla nya versioner av den. Ju lägre kostnad för detta, desto bättre effektivitetstal får man. Det som ringas in är plattformens robusthet, hur hållbar den är och hur effektiv den är att använda som bas för vidare utveckling av produkter och teknik. Beräkningsmodellen är inte anpassad för projektbaserad verksamhet, utan framtagen för produktindustrin. Vi tror att detta sätt att förenkla problematiken är olyckligt, då hänsyn inte alls tas till faktorer som t.ex. plattformens flexibilitet och kundvärde, och hur plattformsutvecklingen påverkas av yttre omständigheter samt förändrade krav.

De ekonomiska effekterna av standardisering kan betraktas som de svårsmätbara följd effekterna av ett antal för- och nackdelar som standardiseringsarbetet ger. Många av fördelarna med standardisering handlar om en ökad effektivitet som ger tidsvinster, och därmed besparingar. En höjd effektivitet till följd av standardisering kan ses inom informationshantering, samordning av processer och komponenter, variantbegränsning och strukturerad, successiv uppbyggnad av kunskap inom företaget. Bland de positiva ekonomiska effekterna av standardisering finns också ökad konkurrens. Detta till följd av en öppet tillgänglig standard av t.ex. kravspecifikationer på komponenter. Det kan hjälpa företag undan leverantörsberoende. Därtill kan läggas en möjlig utökad marknad för de konkurrerande företagen, som även kan fungera internationellt.

Det finns också potentiellt negativa konsekvenser av standardisering som framför allt kan tänkas minska intäkterna, även om dessa anses vara av mindre betydelse än fördelarna. Bland de allvarigare finns risken för en likriktning av företagens produkter, som kan minska konkurrenskraften. Det kan också finnas psykologiska effekter av standardisering, där det individuella ansvarstagandet och engagemanget minskar till följd av alltför standardiserade processer. En annan konsekvens är att det kan bli en orimlig mängd administration i relation till aktivitetens eller projektets storlek. På ett mer övergripande plan kan standardisering på industrinivå resultera i en alltför samordnad och stabil marknadssituation som hämmar innovation och konkurrens, vilket vore mycket olyckligt ur ett samhälls- och kundperspektiv.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att det troligen krävs avancerade matematiska modeller och analysmodeller för att kunna ge tydliga svar på hur standardisering och modularisering påverkar en verksamhets ekonomi. Dessa modeller skulle troligen också behöva kunna kombinera kvantitativa och kvalitativa data. Vi har inom ramen för denna etapp inte funnit att sådana modeller existerar, inte minst modeller specifikt framtagna för myndigheter eller statliga myndigheter.

### ***Standardisering på olika nivåer ger olika effekter***

En av de viktigaste aspekterna som enligt SIS påverkar i vilken utsträckning nyttoeffekter - med ekonomiska följd effekter, uppnås av standardisering handlar om den volym av aktiviteter eller komponenter som omfattas och samordnas av en standard. Samordning och variantreduktion ökar hastigheten i processerna och minskar därmed kostnaderna. En annan avgörande faktor för att en standard skall kunna implementeras effektivt är att det finns en tydlig och förberedd organisatorisk struktur som tar emot standarden.

En av få aspekter av standardisering som utöver besparingar även anses kunna ge en ökad intäkt, är artikelstandardisering, Haaber-Berth och Lembke (2004). Med artikelstandardisering avses här standard för mängd-, form- och sakvaror som inte utgör företagets färdigprodukter. Det är främst genom variantreduktion som utgifterna anses minska. Vi är dock tveksamma till de positiva effekterna av denna typ av variantreduktion på längre sikt, om standardiseringen genomförs som sortimentsbegränsning. Detta av tidigare framförda skäl som handlar om hämmad innovation och dåligt utnyttjande av möjligheten till kontinuerlig utveckling.

Ett mer framåtsyftande sätt att standardisera är att genom artikelstandardisering öka modulariteten och därmed kompatibiliteten mellan olika system, vilket snarare innebär möjligheter till ett utökat lösningsrymd vid design av slutprodukten. En annan konsekvens av att samordna och göra olika system som konsumenten nyttjar kompatibla, är att den potentiella marknaden och konkurrensen för de levererande företagen ökar. När t.ex. olika typer av datorer kan nyttja samma programvara, ökar marknaden för programvaruleverantören, eller när dammsugare har standardiserade anslutningsdetaljer så ökar marknaden för slang- och påsleverantörer.

### ***Modulariseringen av stor betydelse för ekonomin***

Både Fixson (2006) och Ericsson & Erixson, (1999) resonerar kring produktstrukturens komplexitet som en avgörande faktor för effektivitet och därmed ekonomi. Färre komponenter per produkt leder inte, som man i förstounde kan tro, till en kostnadseffektivare process. De båda författarna visar att tillverkningskostnaden tvärtom minskar med antalet komponenter per produkt. En produkt uppdelad i ett stort antal relativt enkla komponenter är alltså billigare att tillverka, men den är däremot dyrare att montera. En produkt uppdelad i endast ett fåtal stora och komplexa komponenter är dyr att tillverka, men billig att montera. Det tycks enligt Fixson och Erixson finnas någon slags gyllene medelväg vad gäller produktstrukturens komplexitet. Det finns dock andra mycket viktiga aspekter på produktstrukturen. Få, dyra och komplexa komponenter torde minska systemets flexibilitet avsevärt, och därmed minska möjligheten till *customization*\* för anpassning till en specifik situation eller kund. Dyra och komplexa komponenter kan också antas vara dyrare att vidareutveckla, och med färre komponenter minskar möjligheten att arbeta parallellt med produktens komponenter. Fixson och Erixson visar hur produktens modularisering är av avgörande betydelse för ekonomin på både kort och lång sikt.

Det finns en uppenbar korrelation mellan produktstruktur och ekonomi betraktat under ett definierat tidsspänn. Under produktens livscykel hanteras den på många sätt, och en rad aktiviteter och processer är knutna till produkten. Hur produkten är uppbyggd av delar och hur dessa interagerar, har ett naturligt samband med kostnaderna för att hantera den. Livscykeln kan grovt delas in i produktutveckling, tillverkning/montering, användning och demontering. Utifrån den förväntade livstiden kan produkter/system delas in i storskaliga, mellanskaliga och småskaliga system. Vägmiljöer torde kunna räknas till de storskaliga systemen, som har en beräknad livstid på flera decennier. Dessa system kan ha så mycket som 2/3 av sin livscykelkostnad förlagd till förvaltningsskedet.

Under produktutvecklingsskedet är det främst återanvändning och vidareutveckling av kunskap som leder till resurseffektivitet. Produktstrukturens karaktär är också mycket viktig för hur utvecklingsskedet kan hanteras. I en produktstruktur med enkla samband mellan relativt oberoende komponenter förenklas samordning medan flexibiliteten i design ökar, och komponenterna kan utvecklas parallellt med varandra i tid. Under produktionsfasen påverkas ekonomin i både tillverkning, montage och logistik av hur produkten är modulariserad. En resursbesparande aspekt är möjligheten att tillämpa parallellitet i tillverkning och montage, så att komponenter som skall monteras samman i en produkt kan tillverkas samtidigt istället för i en tidssekvens. Är modulariseringen dessutom genomförd så att möjligheten finns att använda samma komponent i flera produktfamiljer, ökar effektiviteten ytterligare.

Resurseffektiviteten under användningsskedet påverkas bland annat av hur väl komponenternas livslängd är samordnad. Det är gynnsamt om komponenter med samma livslängd enkelt kan bytas samtidigt, och att de är oberoende av komponenter med annan livslängd. Vilken aspekt av modularisering som påverkar ekonomin mest under demontagefasen tycks inte särskilt väl utvecklat. Vi tror att principen om komponenter som är relativt oberoende varandra kan visa sig effektiv även här, då detta sannolikt skulle förenkla demontaget.

### *Vikten av ett långsiktigt tänkande*

Standardisering genomförs ofta med tron att ekonomin genast skall påverkas positivt. Detta kan också bli fallet om standardisering genomförs med hjälp av sortimentsbegränsning. Att genomföra sortimentsbegränsning är ingen särskilt komplicerad process, och besparingar kan komma snabbt till följd av minskad komplexitet i hanteringen och skalfördelar genom upphandling av större mängder av varje komponent. Däremot tror vi inte att det är långsiktigt ekonomiskt lönsamt eftersom utvecklingen stagnerar och produkterna låses till sin utformning. Standardisering med ett mer långsiktigt lönsamhetsfokus är en investering som kräver tid, pengar och stort engagemang. Vinsterna är kontroll, överblick och underlag för strategiskt arbete. Vi är övertygade om att detta i längden ger ökad konkurrenskraft och lönsamhet.

Det som gör situationen för Vägverket och dess roll som myndighet speciell, är att man inte kan tillgodogöra sig ökade intäkter till följd av höjd kvalitet eller höjt värde hos produkterna, då de

inte säljs till användarna. Andra aktörer inom bygg- och anläggningsbranschen har normalt en kund som har att välja på produkter på en konkurrensutsatt marknad. Att bli kundens val stimulerar företagen till att producera attraktiva och kostnadseffektiva produkter. Det finns incitament både för att hitta kostnadsbesparningar, men även att höja kvaliteten på produkten för att återkommande bli vald av kunderna. Vägverkets möjligheter att påverka val av produkter är starkt begränsad i detta avseende, LOU och entreprenadformer gör det svårt att välja andra alternativ än det billigaste i kronor. Det är därför lätt att resonemangen mer kommer att handla om kostnader än om kvalitet och intäkter.

En faktor som potentiellt skulle kunna leda både till en större variation, högre kvalitet och lägre kostnader är konkurrens. Öppet tillgängliga standarder främjar konkurrens, och sådana standarder kan sägas existera idag gällande säkerhetsföreskrifter. Omfattningen av dessa leder till så höga utvecklingskostnader för leverantörerna, att det tillgängliga spektrat av produkter för Vägverket i vissa fall är starkt begränsat. Säkerhetsstandarderna har i dagsläget inget sällskap av standarder eller kravställning gällande modularitet eller kompatibilitet med andra leverantörers produkter, eller en standard för kvalitativa krav på det arkitektoniska uttrycket.

I Etapp 2 skulle en översikt behöva göras över de produktsortiment Vägverket nyttjar, för att lokalisera de områden där produktutbudet är för begränsat eller bristfälligt på annat sätt. Inom dessa produktområden skulle insatser behöva göras för att stimulera till ökad konkurrens och för att informera leverantörernas produktutveckling med kvalitativa såväl som kvantitativa krav. Tillämpningen av LOU inom Vägverket bör också studeras för att undersöka om konkurrens baserad på ekonomiska krav kan kombineras med kvalitetskrav.

## 2.5 Problemformulering och avgränsning

Vår uppgift har varit att kartlägga i vilken utsträckning komponenter och lösningar är standardiserade inom vägbyggnation och vilken betydelse detta har för den arkitektoniska och estetiska upplevelsen av projektens slutresultat. Vi har också fått i uppgift att föra ett resonemang kring de ekonomiska och tidsmässiga aspekterna av tillämpad standardisering i Vägverkets verksamhet.

Vi har fokuserat på de standardiserade fysiska komponenterna och hur de relaterar till projektprocessen, snarare än att studera standardiserade processer. Skälen till detta är att projektprocesser redan är välstuderade och problematiserade inom andra projekt, medan det saknas studier kring standardiserade komponenter. Det är däremot intressant att studera komponenternas koppling till processen och hur denna kan utvecklas för ett bättre resultat vid tillämpningen av komponenterna.

Efter studiebesök längs RV40 och E4 och två genomförda intervjuer har vi konstaterat att gällande fysiska komponenter rör frågeställningen i projekt sällan ett val mellan ett

standardiserat och ett icke-standardiserat alternativ. De komponenter som används idag är standardiserade, med mer eller mindre lyckat resultat, med avseende på både resultatet av standardiseringen (komponentens utformning), och det sätt på vilket komponenten tillämpats i projekten. Inte heller tycktes frågan om att standardisera idag icke-standardiserade komponenter särskilt påträngande. De komponenter som med lätthet låter sig standardiseras är redan standardiserade.

Vi fann att utvecklingspotentialen snarare ligger i att hantera krav på ett övergripande plan kring det totala sortimentet på marknaden av vägbyggnadskomponenter, att utveckla tydliga metoder och krav på hur komponentstandardiseringen går till, och att utveckla kunskap för hur de standardiserade komponenterna sedan används på bästa sätt i projekten.

För komponentstandardiseringen kan följande områden förbättras:

- överblick och styrning över det totala utbudet av komponenter på marknaden ur olika kategorier
- dialog mellan kund (Vägverket) och produktutvecklare
- egenutvecklade komponenter för varumärkesbyggande och enhetlighet
- upprättande av kravspecifikationer för komponenter ur flera olika perspektiv
- variationsmöjligheter genom att komponenter från flera tillverkare går att kombinera, eller genom att komponenterna har en inbyggd variationsmöjlighet.

För tillämpning av standardiserade komponenter kan följande områden förbättras:

- upphandlingsformer som förhindrar förskrivning av företagsspecifika produkter (LOU)
- olika huvudmän agerar inom samma begränsade område (t.ex. en rastplats) och är inte samordnade, vilket leder till splittrade miljöer.

## **3. Intervjuer och studiebesök**

### **3.1 Metod**

För att få en grundläggande bild av såväl arbetsprocess som komponenter som påverkar vägarkitekturen genomfördes två intervjuer med erfarna vägprojektörer, projektledaren Kjell Mårtensson Vägverket, Region Väst, i Göteborg och landskapsarkitekten Catarina Holdar på Tyréns i Stockholm. Med koppling till genomförda intervjuer gjordes två studiebesök och de vägprojekt som studerades var RV40 med fokus på sträckan Brämhult – Dånlebo, öster om

Göteborg, och E4 Uppsala – Mehedeby samt Bärbyleden, norr om Uppsala. Studiebesöket vid RV40 genomfördes tillsammans med Kjell Mårtensson i samband med intervjun. Mårtensson kunde då peka ut intressanta komponenter att studera och en diskussion fördes kring de iakttagelser som gjordes. Studiebesöket vid E4 och Bärbyleden genomfördes efter intervjun med Catarina Holdar då projektgruppen färdades tillsammans i bil och kunde diskutera, analysera och dokumentera sina iakttagelser under färden.

De intervjufrågor som ställdes till Mårtensson och Holdar finns redovisade i Bilaga 3, där finns också intervjuerna utskrivna i sin helhet.

## **3.2 Intervju med projektledare Kjell Mårtensson på Vägverket, Göteborg** *Intervjun genomfördes kombinerat med studiebesök*

### *Referensobjekt RV 40 med fokus på sträckan Brämhult-Dållebo*

Kjell Mårtensson har de senaste två decennierna arbetat som projektledare inom Vägverket och då bl.a. med RV40 mellan Göteborg och Dållebo. Denna sträcka har byggts i flera olika etapper; först sträckan mellan Göteborg-Borås (1974-1997) – som kompletterats med ett bullerplank så sent som 2008, sedan sträckan genom Borås som byggdes innan 1980 och som under 2009 skall upprustas och moderniseras och slutligen sträckan mellan Brämhult – Dållebo, 17 km motorväg som färdigställts 2003-2007.

Det var 1998 som Vägverket upprättade en *arbetsplan*\* som slog fast att sträckan Brämhult – Dållebo skulle få motorvägsstandard med en vägbredd på 21,5 m. Denna vann laga kraft 2002 och kom att innehålla tre trafikplatser och tolv broar – varav den över Rångedalaåns dalgång är den mest utmärkande. Utöver detta är rastplatsen vid Sörbo också en framträdande plats. Gestaltningen genomfördes av FB Engineering och granskades av beställarens projektledare och landskapsarkitekter. Mot denna bakgrund och med de intressanta arkitekturbärande komponenterna Rångedalamotoet och Rångedalabron, valdes sträckan med fokus på etappen Brämhult – Dållebo, som lämpligt första studieobjekt.

En reflektion vi fick efter detta första studiebesök är att arbetsprocesser, budgetering, politiska beslut och generella riktlinjer har påverkat sträckans olika utformning i de olika etapperna av vägbygget. För sträckan Göteborg-Dållebo är tidsavtrycken väl synliga och övergångarna mellan olika etapper längs vägen syns påtagligt då vägens bredd varierar och då arkitekturbärande komponenter uppenbarligen härrör från olika tidsperioder och produktfamiljer. Tydligast av dessa urskiljs komponenter som mittbarriärer, kanträcken, belysningsarmaturer och bredden på vägen och på mittremsan.

På sträckan Brämhult – Dållebo kan en fin linjeföring skönjas, vägen har omsorgsfullt inordnats i landskapet och stor omsorg har lagts på att integrera vägen i landskapet med bergsskärningar och slänter. Färgskalan ligger nära naturens egna färger och broarnas fästen och utförande är

sparsmakat grå. Den bro som står ut arkitektoniskt är Rångedalabron och den har en formgivning som på ett subtilt sätt lyckas överordna den gentemot övriga broar men samtidigt underordna sig landskapet. Brofundamenten har sitt eget skulpturala formspråk som förhöjer arkitekturvärdet utan att för den skull ta över intrycket eller störa vyn över landskapet.

Värt att notera är hur mittbarriär – vajerräcke, belysningsarmatur och kanträcken skapar en enhetlighet över hela sträckan. Dessa komponenter ger sammantaget en bra vy av vägen i landskapet och ger sträckan vad man skulle kunna bedöma som god vägarkitektur.

På Sörbo rastplats har man lyckats blanda standardiserade komponenter som sopkärl och sittbänkar med exempelvis ett specialritat rasthus som med enkla medel anslår en arkitektonisk ambition.

I sträckan Brämhult – Dällebo är det ett flertal aspekter som slutligen ger den sammansatta vägarkitekturen dess kvalitet. I projektet har man arbetat med en färgskala som ligger nära naturen och som inte sticker ut. Man har arbetat med det som Mårtensson kallar "landscaping" dvs., att vägen ligger välintegrerad i landskapet och att slänter och bergsskärningar känns rätt avvägda avseende storlek och lutning i förhållande till vägen. Vägens linjeföring är en grundläggande aspekt, både i horisontalled och vertikalled, för att en väg skall upplevas som vacker.

Arkitekturbärande komponenter är avgörande för hur vägen uppfattas. Mest tydliga är mittbarriärer, kanträcken och broar samt de belysningsarmaturer som ramar in vägen. Mårtensson pekar på att avgörande för utformningen och designkonceptet är dels de produkter som står till buds hos marknadens producenter och dels den arbetsprocess och de lagar och förordningar själva vägbygget har att förhålla sig till. Hårda krav på komponenternas kvalitet gör att det är kostsamt och mödosamt att ta fram nya komponentfamiljer. Kraven på säkerhet är mycket högt ställda och måste svara mot relevanta AMA-koder.

När vi talar om arbetsprocessen, menar Mårtensson att avgörande för enhetligheten över en längre sträcka med flera delentreprenader är Vägverkets och projektledarens ambition. Det är inte alltid det finns ett gestaltungsprogram och LOU, begränsar utrymmet att skapa det gestaltungsuttryck som man eftersträvar.

Broar är komplexa och består av så många olika komponenter. De skapar en tydlig markering i landskapet och har med sina komplexa system flera delar som i sig som påverkar vägarkitekturen. Det kan handla om brofästen, broträcken, broslänter, brofundament mm. Rångedalabron bidrar med sin skulpturala form till en slags hierarki som gör vägsträckan gott i motsats till om det hade varit många broar som konkurrerade om samma värde och uppmärksamhet.

Vid Sörbo rastplats har Vägverket valt att låta en arkitekt rita det hus som inrymmer informationsplakat och wc invid källsortering och parkering. Man har integrerat standardkomponenter som sopkärl, skyltar och rastbord på ett sammanhållet sätt. Kvaliteten som åstadkoms med denna platsspecifika lösning med karaktär är uppenbar – främst för att utformningen känns gedigen.

På det hela taget känns just sträckan Brämhult – Dällebo, väl sammanhållen med ett lagom utsvävande formspråk på ett fåtal väl avvägda platser och där landskapets karaktär används i väggestaltningen till att kan skapa en paus i en glänta, eller låta vägen ta avstamp i en dalgång.

Kjell Mårtensson understryker att det framförallt är ett par komponenter som med fördel skulle kunna standardiseras och det ena är mindre cirkulationsplatser vid av- eller påfarter till en större väg, och det andra elskåp och apparatskåp som idag saknar formgivning och som utplaceras i ett sent skede i anläggningsprocessen utan känsla för vare sig helhet eller estetik. Men, det han anser helt avgörande för en ny vägs estetik och arkitektoniska kvalitet är att arbetsprocessen är standardiserad; att man ser till att ha alla beslut klara, att få tillräckligt med tid till att utforma arbetsplanen, att inte hindras av LOU och att bygga kontinuerligt oberoende av konjunkturer. Han menar vidare att många platsbesök är av godo. Landskapsarkitekternas gestaltungsprogram måste vara väl förankrade hos plats- och anläggningspersonal.

### *Resonemang kring förbättringspotential*

Efter vår gemensamma resa längs RV40 återkom vi till en diskussion om hur aspekterna tid, ekonomi och estetik påverkar vägarkitekturen.

Kjell Mårtensson menar att mest tid kan sparas genom att åstadkomma synkroniserade processer vid exempelvis investeringsbeslut och beslut i miljödomar. På så vis blir processerna både kostnads- och tidseffektiva. Mest tid kan vinnas om man ger framtagandet av arbetsplanen det utrymme som krävs. Som det ser ut nu är arbetsprocesserna ryckiga. Detta innebär exempelvis att man istället för att utnyttja redan mobiliserade och etablerade resurser vid en viss delsträckas färdigställande inte kan utnyttja dessa då vare sig investeringsbeslut och miljöbeslut finns klara för en fortsatt etapp. Istället blir det ett produktionsglapp i väntan på beslut och en kostsam återetablering då nytt beslut fattats.

Han menar att man istället skall se till att bygga kontinuerligt för att ha en jämnare utveckling av vägbeståndet och detta oberoende av konjunkturer och politik. Genom att budgetera och planera tiden bättre för framtagandet av arbetsplanen kan både byggtiden och antalet byggfel minskas, vilket i sin tur kan leda till stora ekonomiska vinningar. Arbetsplanen bör enligt honom upprättas av Vägverket men idealet vore om entreprenören kunde bli del av projektet redan under projekteringsskedet.

Både LOU och AMA-koder, material och arbetsbeskrivningar av tekniska lösningar, försvårar gestaltningsprocesserna anser han. Man har på grund av dessa svårt att få översikt över gestaltningen eftersom längre vägsträckor ofta delas upp i ett flertal olika entreprenader.

Mårtensson pekar på att det finns både en risk och en potential inbyggd i standardisering; risken är att det bli enfald istället för mångfald dvs. att man kan utesluta en utvecklingspotential om man blir för ensidig och potentialen är snabbare byggtider. Komponenter som med fördel kan prefabriceras är betongelement som vägdelare och räckespollare samt elskåp som idag ser förfärliga ut, samt det prefabricerade sortiment som redan förekommer i kataloger.

### *Genomgång av komponenter och deras standardiseringsgrad*

Mårtenssons punkter:

1. Stödmurar: en stor del av stödmurar är prefabricerade element men det förekommer också mycket platsbyggt.
2. Vägsträckor: är alltid landskapsanpassade till topografin - men det finns standardiserade vägsektioner att tillämpa utifrån trafikbelastning och säkerhet etc.
3. Vägutrustning: har entreprenören stor frihet att välja, oftast väljs exempelvis räcken och belysning i produktkataloger. Enl. LOU får fabrikat inte anges.
4. Räcken: Serien Safeline har framtagits speciellt för Vägverket och kan i vissa fall tillämpas genom flera delprojekt genom att Vägverket handlar upp centralt, och tillhandahåller entreprenören produkterna. Detta har tillämpats längs E6 i Bohuslän.
5. Insatsvaror: detta inbegriper varor som t.ex. rör, rördelar, jordmaterial, grus, makadam, viltstängsel, stål och betongprodukter. Totalentreprenören kan ta fram funktionsbeskrivningar och komponenterna är i hög grad standardiserade/prefabricerade element som inte påverkar vägarkitekturen som helhet.
6. Information: tekniska system för trafikstyrning, trafiksignaler, lampor och viss teknik anpassad till ett visst objekt kan också väljas ur produktsortiment. Man gör sällan några nya innovationer utan styrs av produktsortiment.
7. Utformning av trafikmiljön: det finns utformningsnormer för att uppnå trafiktekniskt säkra lösningar. Bland dem exempelvis lösningar som vägskäl, vägsektioner och typsektioner – dessa är anpassade ur trafikmängd och ur underhållssynpunkt.
8. Metoder: kulturen inom anläggningssidan är sådan att man har ett visst sätt att genomföra moment som man gärna håller sig till, här återfinns en viss mån av rationalisering. Arbetsledare vill gärna hålla sig inom en viss sektor. Man stannar m.a.o. inom sitt gebit och håller sig till sina egna ”standardlösningar”.

9. Maskinstyrning: med GPS är också en typ av standardisering, där anläggningsmaskiner tar emot data i ett standardformat. Man mäter också bärighet. Funktionskraven är förenade med packningskrav t.ex. vilka maskiner som är lämpliga för arbetet och vilka volymer som man skall hantera. Denna process är i viss mån standardiserad.

### 3.3 Intervju med landskapsarkitekt Catarina Holdar, Tyréns, Stockholm

#### *Referensobjekt E4 sträckan Uppsala-Mehedeby och Bärbyleden*

Catarina Holdar är landskapsarkitekt LAR/MSA och arbetar idag på Tyréns. Hon har tidigare arbetat på Vägverket Konsult och Kjessler och Mannerstråle, KM – numera WSP, och har en lång erfarenhet av att projektera vägar och vägmiljöer. Under tiden på KM arbetade hon med vägsträckan Uppsala – Fullerö som ansvarig landskapsarkitekt för delsträckan. Sammantaget var det fyra olika kontor som arbetade med respektive delsträcka på hela sträckan Uppsala – Mehedeby. Vi träffade Catarina Holdar i Stockholm och intervjuade henne dels om hennes medverkan i E4 projektet men också angående standardisering och hur arbetsprocessen påverkar resultatet.

Planerna på en ny sträckning av E4an norr om Uppsala startade redan i slutet av 50-talet men det var först på sent 90-tal som planerna tog verklig form och E4an mellan Uppsala och Mehedeby kom att byggas mellan 2002-2007. Vägen har nio nya trafikplatser och tre rastplatser på sträckan som i sin helhet är 78 km lång – Sveriges längsta motorvägsbygge hittills. Sträckan mellan Uppsala och Fullerö där hon varit involverad är 16 kilometer lång. En delsträcka är betongväg och det finns ett flertal broar, varav bron för Lännabanan och bron vid Bålmyren är mest utmärkande. Övergångarna mellan de olika etapperna är mer eller mindre omärkbara för vägresenären. Den nya E4an ligger nersänkt och korsande vägar ligger i marknivå.

Vägen sträcker sig genom ett gammalt kulturlandskap och stora arkeologiska utgrävningar gjordes för att med omsorg kunna placera in vägen i landskapet. Holdar beskriver processen som att man finkammat ett flera kilometer brett område längs hela sträckan för att hitta den optimala placeringen inte minst ur ett topografiskt perspektiv. Steget fram till en terränganpassad väg är stort. ”Utredning är en viktig del i arbetsplanen som det inte alltid finns tid eller budget för”, berättar hon. Hon rekommenderar oss också att som ytterligare jämförelse studera Bärbyleden strax väster om E4an vid Uppsala. Denna sträcka är ca tio år äldre men bär spår av en ambitiös linjeföring, inmejslade slänter i landskapet och specialritade komponenter som bullerplank i betong.

Catarina Holdar beskriver arbetsprocessen med E4an som lyckad. Vägverket initierade ett samarbete mellan de olika kontor som hanterade vägsträckan. Kvalitetssäkring skedde genom att man granskade varandras handlingar och detta var utvecklande för både konsulter och beställare.

”Budgeten för projektering sprängdes men sett i sitt sammanhang har man fått igen de pengar som projekteringen drog över”, reflekterar hon.

E4 med sträckan förbi Uppsala är speciell, vägarkitekturen är underordnad kulturlandskapet. Hon gör en jämförelse mellan Bärbyleden och nya E4an. ”Bärbyleden är vackrare, man har arbetat mer med slänterna”, säger hon. Båda vägarna ligger till största delen nedsänkta, Bärbyleden av hänsyn till näraliggande bebyggelse, i E4ans exempel har kulturmiljöintressen gets prioritet över anpassningen till topografin. Generellt för god vägarkitektur gäller annars att vägen skall vara väl anpassad till topografin, vara körvänlig och behaglig. God vägarkitektur utmärker sig genom att vägen känns självklar.

### *Sammanfattning och rekommendationer för standardisering*

Standardisering på komponentnivå menar Holdar snarare borde kallas ”prefabricering”. Det är viktigt att en standardiserad produkt är en mindre enhet som kan fogas samman på flera sätt för att skapa variation i användandet. Målen med standardisering borde vara att lyfta nivån på de standardprodukter som finns. Man skall tänka ”byggkloss” istället för hel produkt, detta för att kunna vara lite friare i hur gestaltningen sker. Idag är utbudet för begränsat, det finns inte många produkter att välja bland. Billiga och snygga komponenter behövs. Safelinetävlingen undersökte och utvecklade vägutrustning och detta har höjt designkvaliteten även hos andra leverantörer. Men då säkerhet och testning bekostas av producenterna leder detta till att ingenting specialritas i projekt, vilket är synd, då dessa komponentlösningar skulle kunna återanvändas och bidra till arkitektonisk kvalitet. Detta innebär en utvecklingshämmande effekt för arkitekturbärande komponenter.

Hon nämner följande vägkomponenter som exempel på objekt för standardisering;

- Broar – standardbroar, kan delas in efter konstruktionsprincip och/eller typ.
- Stödmurar och bullerskärmar skulle kunna standardiseras för att höja den estetiska kvaliteten. (Red. anm. En ny familj av betongkomponenter skulle kunna utvecklas.)

Vidare nämner hon växtbäddar och grundläggning som något som skulle kunna typiseras för att som hon uttrycker det, ”slippa uppfinna hjulet” varje gång. Just växtlighet men även broar är två saker som ofta far illa då budgeten är knapp. Man skulle kunna spara pengar på mindre broar genom att tillämpa typisering och standardisering. Broarna skulle ändå kunna få karaktär och gestaltningsmässig variation genom att pelare och kantbalkar varieras. Standardbroar och vägportar skulle generellt kunna ges en högre kvalitet. Slutsatsen är att standardisering kan bidra till en bättre gestaltning.

Bergsskärningar menar hon att varierande karaktär genom olika lutningar kan ha gestaltningsmässiga kvaliteter men att det är olämpligt att byta lutning i en och samma skärning. Teknikhus längs med vägen skulle kunna ges en mer genomarbetad gestaltning. Hur en väg

byggs upp det vill säga med t.ex. packningar och tjälklasser samt normalsektioner är relativt standardiserat redan idag.

LOU innebär ett gestaltungsproblem då man inte kan välja fabrikat. För att kunna ett visst fabrikat i flera på varandra följande sträckor måste Vägverket tillhandahålla dessa trafikkomponenter.

### *Kommentarer kring arbetsprocessen*

Metoder kan vara standardiserade, metoderna kan gälla inom Vägverket men de kan också vara projektspecifika. Vid exempelvis utredningar är det redan idag tydligt preciserat vad som skall tas fram för t.ex. arbetsbeskrivningar. Vägverket har en handbokssamling om de olika processtegen.

Holdar beskriver att projekt gestaltas som helheter och under en sammanhållen tidsperiod. Under projekteringen försöker man alltid att ta hänsyn till helheten men de ursprungliga kraven kan komma att ändras vid eventuell omprojektering under projektets gång. Standardiserade lösningar fritar en inte från att rita igenom projektet menar hon. Det är bra om man kan fokusera på de värdeskapande arbetsmomenten.

Holdar tycker till skillnad från Mårtensson att AMA-koder hjälper: ”Man kan alltid hitta på nya AMA koder för att nå önskat resultat, LOU begränsar mer”.

En processkarta över organisationen och projektets skeden finns idag inte och erfarenhetsåterföringen kunde bli bättre. Även upphandling, drift och underhåll skulle delvis kunna underlättas. Hon tror inte att själva upphandlingen skulle förändras speciellt med ökad standardisering men att det kanske skulle bli lättare att utvärdera genom att tolkningsutrymmet för upphandlingen preciseras.

Holdar beskriver en arbetsprocess där landskapsarkitekten är med under projekteringsskedet men inte under byggskedet. Det vore bra om projekterande landskapsarkitekter också är med under byggskedet. Vissa projektledare håller kontakten med landskapsarkitekten vilket borgar för bättre genomförande. Idag är samarbetet kring gestaltningen av vägarna bra, t.ex. är samarbetet mellan broingenjör och landskapsarkitekt tätt och bra, säger hon.

Man borde alltid ställa sig frågan: ”Hur vet man att det blev bra?”, för att kvalitetssäkra vägarkitekturen och landskapsarkitekternas insats. ”Man behöver inte uppfinna hjulet på nytt för delar av mindre betydelse för gestaltningen av ett vägprojekt. Krut bör läggas på det som är värdeskapande för gestaltningen och upplevelsen, men vad det är kan variera både mellan och inom projekt”, avslutar hon.

### **3.4 Studie av Bärbyleden och E4 sträckan Uppsala - Mehedeby**

Efter intervjun med Catarina Holdar genomförde projektgruppen ett studiebesök längs E4 och Bärbyleden.

Bärbyleden är en vägsträckning mellan väg 55 och E4 förbi Uppsala byggd i ett vägreservat som avsatts i den kommunala planeringen sedan flera årtionden. Den studerade delen av vägen, Bärbyleden del II, invigdes 1995 och är en huvudsakligen nedgrävd trafikled i ett tätortsnära sammanhang med ett antal broar. Vägrummets detaljutformning är ett resultat av ett ambitiöst gestaltningsprogram som beskriver hur t.ex. broar, vegetationsvolymmer och bullerskydd skall utformas. Den är också ett exempel på långt driven platsanpassning av dessa komponenter, vilket gör den intressant att jämföra med E4-bygget några år senare.

E4an förbi Uppsala och norrut är ett sju mil långt infrastrukturprojekt, vilket gör det till ett av landets mest omfattande i sin sort. Här finns en stark drivkraft från Vägverket att samordna utformningen i de olika entreprenaderna för att skapa enhetlighet och ekonomi i valda lösningar. Projektet har tidvis varit pressat av krav på billigare utföranden från berört departement och Vägverket centralt, men vi har inte studerat vad detta inneburit för utformningen av de komponenter som analyserats enligt ovan. Generellt kan konstateras att tiden för E4ans projektering och bygge präglats av betydligt snävare ekonomiska ramar än vad som gällde för Bärbyleden II.

### **3.5 Slutsatser av studie av Bärbyleden och E4, Uppsala - Mehedeby**

#### ***Bärbyleden II***

Bärbyleden II ger intrycket av att de komponenter som bildar vägens arkitektur är samordnade och präglas av arkitektonisk omsorg. Vägen med dess tydligt definierade vägrum ger en god överblick av dess förlopp och komponenter. Det finns en del brister i tolkningen av gestaltningsprogrammets intentioner när de överförs till projekteringshandlingar. Skälet är att de olika arkitekter och konsulter som arbetat med dessa produkter, och samordningen eller kunskapsöverföringen mellan dem kunde ha varit bättre.

#### ***E4 Uppsala - Mehedeby***

E4 ger ett mer variationsfattigt intryck förutom delen närmast Uppsala vars broar och trafikplatser innehåller en mängd komponenter som gör den jämförbar med Bärbyleden. Trots detta vägbygges storskaliga genomförande finns det brister beträffande storskalig produktion – bullerskyddens utformning är exempel på det. Samtidigt finns det brister som går åt andra hållet, där vägbyggaren inte låter variationsmöjligheter bryta monotonin, exempelvis vid utformningen av slänter, sidoområden och mittremsa.

Genom att välja ut följande komponenter kunde vi i detta tids- och resursbegränsade skede koncentrera oss på några få fysiska element som även kan bedömas vintertid:

- räcken, anslutningar, byten, övergångar
- bullerskydd, skärmar (inte vallar)
- stödmurar
- belysningsstolpar
- apparatskåp: elskåp, pumphus.

Att räcken följer en strikt standard beror i stor utsträckning på de funktionella krav som ställs på denna trafiksäkerhetskomponent. De skall uppfylla normer som är tydligt fastlagda i enlighet med EUs standardkrav. Vår hypotes är att detta beror på att få tillverkare har resurser och ambitioner att av vägarkitektoniska skäl utveckla produktsortimentet. Därför blir utbudet begränsat och det som finns att tillgå är främst präglad av säkerhetskrav, certifieringsprocesser och ekonomi.

Bullerskydden är reglerade till sin utformning för att uppfylla miljökraven på dämpning av trafikbullret. Det innebär att bullerskärmarnas höjd och placering i förhållande till bullerkällan är bestämt. Materialet i skärmen kan också ha betydelse. Frihetsgraden för den projekterande och tillverkande leverantören är i övrigt relativt stor – former, färger och ytstrukturer kan påverkas.

Stödmurarnas utformning är framförallt vägtekniskt funktionell – det gäller att hålla jordvolymen på plats och att inte negativt inverka på andra aspekter (dränering, säkerhet etc). Utformningen i övrigt kan jämföras med bullerskydd.

Belysningsstolpar längs de höghastighetsvägar vi studerat, skyltad hastighet 90 resp. 110 km/h, är underkastade säkerhetskrav vid påkörning. De kan vara av två typer, ”uppfångande” eller ”icke uppfångande”. Den förra innebär att stolpen eftergivligt formar sig efter ett påkörande fordon, den andra att stolpen släpper vid basen vid påkörning. Därutöver kan stolpens form och uttryck påverkas. Begränsningarna gäller främst stolpens höjd, stolparnas inbördes avstånd och i viss mån avståndet mellan stolpfundamentet och vägbanan (vilket styrs av belysningskraven i VGU).

Apparatskåpen är små ”teknikhus” som inrymmer elcentraler, pumpar eller andra tekniska installationer som behövs för vägens drift. Dessa är ofta beställda och avropade utifrån vägtekniska aspekter som sällan omfattas av diskussioner som rör utformning. Vaghållaren är hänvisad till det produktsortiment som marknaden erbjuder, och det leder ofta till bristfälligt samordnade lösningar. Ett avgörande moment är placeringen i vägrummet av dessa installationer vilket alltför sällan blir belyst ur en vägarkitektonisk synvinkel.

Vårt studiebesök längs dessa vägar visar att:

- Bärbyleden II uppvisar generellt en större grad av situationsanpassad vägarkitektur än E4an genom en större variation i studerade element.
- Bärbyleden II ger utrymme för identifierade utvecklingsbehov, t.ex. av en ny bullerskärm som är en standardiserad produkt lämplig för industriell produktion – en skillnad mot E4an som har få sådana inslag. Dessa är dessutom inte utvecklade för att tillgodose krav på god vägarkitektur.
- Entreprenadgränserna för E4-bygget innebär inte några avgörande kvalitetsskillnader längs vägen.

## 4. Slutsatser Etapp 1

### *Standardisering och modularisering inom anläggningssektorn*

Etapp 1 visar att det finns stor potential för Vägverket att gå vidare med studien av hur industrialisering, standardisering och modularisering kan implementeras inom anläggningssektorn. Vi har kunnat konstatera att branschen redan idag använder sig av industrialisering och standardisering medan den typ av standardisering som vi ser som mest intressant, dvs. modularisering, inte alls används. Styrkan med modularisering är att standardiseringen sker genom definierade funktionskrav och gränssnitt utan att gestaltningen låses. Denna flexibilitet för den enskilda komponenten och möjlighet till anpassning i specifika projekt kan leda till höjd arkitektonisk kvalitet och mer välgestaltade vägmiljöer som är värdehöjande för samhälle och kunder.

Avseende ekonomin för standardisering av produkter och komponenter gäller att variantbegränsning har en kostnadsbesparande effekt men att variation kan ha en inkomsthöjande effekt. Sett till vägbyggnadsprojekt kan variantbegränsning och variation studeras utifrån perspektivet vardagsprojekt respektive projekt med symbolvärde. Lägre upphandlingskostnader samt möjlighet till återanvändning av goda gestaltungs-lösningar skulle öka kostnads-effektiviteten för projekt med symbolvärde. Ökad variation av komponenter kan leda till höjd kvalitet i vardagsprojekt. Genom varsam och medveten variantbegränsning samt genom processtyrning och användning av kravspecifikationer i utvecklingsarbetet kan detta uppnås.

### *Jämförelser mellan vägarna RV40 och E4*

Det är svårt att jämföra de delar av RV40 och E4an som studerats, men om man snävar in analysen till att omfatta de kortare delsträckorna Brämhult – Dällebo och Uppsala – Fullerö blir det något enklare. Vägarna är enligt vårt intryck väl inplacerade i landskapet med relativt bra linjeföring och valet av komponenter är genomarbetat och ger i huvudsak vägarkitektur av god

kvalitet. Holdar menar emellertid att sträckan utanför Uppsala snarare har tagit väl hänsyn kulturlandskapet framför god linjeföring.

Omfattar jämförelsen även vägsträckor i anslutning till de ovan nämnda blir skillnaderna fler och tydligare. RV40 visar tydligt att tidpunkten för vägbygget starkt inverkar på vägstandard, val av komponenter och vilka produktfamiljer som dominerar. E4an däremot präglas av en påtaglig enhetlighet där exempelvis etappgränserna knappt är märkbara. Det är således välgörande ur vägarkitektonisk synvinkel att bygga längre vägsträckor utan avbrott i tid och rum.

Broarna i de aktuella projekten präglas av en ambition att ge varje bro ett eget uttryck snarare än att underordna sig vägen som helhet. Längs E4 i Uppland ger mötena mellan material, färg och landskap ibland ett oroligt intryck. Här skulle en ansats till standardisering av brotyper och en tydligare hierarki mellan platserna förmedla en lugnare helhetsupplevelse.

Vi har noterat att räcken, belysningsstolpar, betongelement, betongproduktfamiljer samt apparatskåp vore intressant att studera vidare i nästa etapp.

### *Intervjuerna*

Tolkning av Kjell Mårtenssons syn på möjligheter till standardisering i kortform:

- Arbetsprocessen – kan göras mindre ryckig och arbetsplanering borde överbrygga både konjunktur och politik.
- Komponenterna – kan sorteras i grupper enligt klassificeringskriterierna enhetlighet och karaktär.

Tolkning av Catarina Holdars syn på möjligheter till standardisering i kortform:

- Arbetsprocessen – borde involvera landskapsarkitekten även under byggskedet.
- Komponenterna – borde få utrymme att utvecklas även inom projekten så att man inte hämmar en utveckling som kan komma vägarkitekturen till godo.

Mårtenssons och Holdars erfarenheter och åsikter visar på fler likheter än skillnader. Deras olika yrkesroller ger skilda infallsvinklar. Mårtensson ser främst en potential i ökad standardisering som ett sätt att optimera arbetsprocesser för att vinna tid och förbättra ekonomin i projekten. Holdar fokuserar mer på arkitekturbärande komponenter och ser en förbättringspotential i redan existerande eller alternativt nya produktfamiljer. Gemensamt för dem båda är att de ser övervägande positivt på standardisering som ett verktyg för att utveckla arbetet med goda vägmiljöer. Engagemang, god kommunikation och kunniga aktörer är sammantaget viktiga inslag för att åstadkomma väl utformade vägmiljöer.

### *Komponenter*

Det finns olika typer av arkitekturbärande vägkomponenter som grovt kan sorteras i två kategorier: enhetlighet och karaktär. För att klargöra en djupare värdegrund kan dessa kategorier kopplas till aspekterna tid, ekonomi och estetik.

De komponenter som berörs av samtliga eller flera av aspekterna tid, ekonomi och estetik samt klassas som komponenter där karaktär och enhetlighet, eller där både karaktär och enhetlighet, är eftersträvansvärt blir därmed klassade som viktiga arkitekturbärande komponenter.

Detta klassningssystem skulle kunna utvecklas och användas som metod för att urskilja hur och när under arbetsprocessen komponenter optimalt kunde standardiseras och således optimera utfallet av samtliga aspekter.

### *Förslag till inriktning*

En initial studie i utveckling av modulariseringsmetod specifikt anpassad för Vägverket bör genomföras i Etapp 2. Som inriktning för denna studie föreslås att en produkt studeras som är vanligt förekommande och där stora effekter förväntas uppnås. Etapp 1 har översiktligt identifierat utvecklingspotential för ett antal produkter. Vi har sett att apparatskåp, bullerskydd, erosionsskydd, mittbarriärer, räckesanslutningar, skyltbärare, stödelement och viltstängsel alla är komponenter i vägmiljön som skulle vara intressanta att undersöka i en modulariseringsprocess. En bruttolista på möjliga produkter som är aktuella för Etapp 2 presenteras i Bilaga 4. En genomgång av deras karaktär och utvecklingspotential görs i bilagan.

En komponent är en del i ett större system. Vardagsprojekt och projekt med symbolvärde använder sig av komponenter från samma system. Det är därför intressant att studera vardagsprojekt och projekt med symbolvärde parallellt och identifiera hur dessa kan samverka för att uppnå goda resultat gällande både projektkvalitet och kostnadseffektivitet. Denna studie ger även viktigt information till hur produkten relaterar till andra vägbyggnadskomponenter.

## **5. Förslag till Etapp 2**

Projektgruppen består fortsatt av Scheiwiller Svensson Arkitektkontor och SWECO Architects, vilket ger kunskaper och kompetens såväl inom vägutformning som standardiseringsarbete. Till denna projektgrupp knyts en extern expertgrupp för att säkerställa nivån på arbetet. Kritiska punkter genomlysas av en större grupp personer med erfarenhet från utvecklingsarbete avseende kvalitet och standardisering. En referensgrupp med både personer från Vägverket och externa konsulter behövs för att förankra förutsättningarna och målet för studien.

## 5.1 Utveckling av en metod för modularisering

En initial studie för framtagningen av en modulariseringsmetod för Vägverket görs i Etapp 2. Arbetet är omfattande och skulle behöva sträcka sig över en Etapp 3 för att utvecklas i alla sina delar. Etapp 2 inleds med en kartläggning och utvärdering av arkitekturbärande komponenter som idag används i Vägverkets projekt. Metoden för modularisering påbörjas genom en fallstudie av en produkt. Ett förslag till modell för kravspecifikation presenteras baserat på fallstudien och metodutvecklingen. Detta förslag relaterar till Vägverkets utveckling av funktionskrav och beskrivningssystem.

Arbetet med modulariseringsmetoden kommer att ske genom en kontinuerlig utveckling av modeller som läggs upp som dummies i början på projektet. Modellerna kommer fungera som stomme för planeringen och genomförandet av projektet liksom vara en del av slutprodukten. Utöver modellerna kommer även en skriftlig och illustrerad rapport att sammanställas som beskriver förutsättningar för projektet, valt arbetssätt, dragna slutsatser, gjorda reflektioner och förslag till vidare utveckling.

### *Kartläggning*

Med utgångspunkt i Etapp 1 identifieras vilka komponenter som är arkitekturbärande och som har god utvecklingspotential avseende tid, ekonomi och estetik. Genomförandet inleds med en övergripande studie av de arkitekturbärande komponenter som idag används i Vägverkets projekt. Av särskilt intresse att studera är val och användning av linjeföringselement i projekt med symbolvärde resp. i vardagsprojekt.

Kartläggning och förslag till fallstudie av produkt sker i samråd med Vägverket genom intervju och seminarieform. Vi fokuserar på vardagssituationer i vägprojekt där goda effekter förväntas uppnås genom en förbättrad modularitet mellan komponenter och material. Genom en kartläggning av komponentutbud och eventuell brist på utbud ges en god överblick för utvecklingspotential.

### *Metodutveckling genom fallstudie*

Parallellt med kartläggningen påbörjas den inledande fallstudien. Det är i denna studie som modulariseringsmetoden kommer att utvecklas, i tät kontakt med de intressenter som hanterar den valda produkten. Den övergripande studien kartlägger produktens relation till andra komponenter samt studerar hur projekt med symbolvärde relaterar till vardagsprojekt. Resultatet av den initiala studien är utvecklandet av en modulariseringsmetod och en kravspecifikation.

### *Kravspecifikation*

Med kartläggning och metodutveckling som grund redovisas förslag till modell för kravspecifikation. När och hur insatser och krav behöver specificeras i relation till Vägverkets processer redovisas.

## Implementeringsfas

För att finna en bred bas för implementering i Vägverkets traditionella processer identifieras synergier och koppling till övriga Vägverksprojekt med utvecklingsinriktning för anläggningsbranschen. Arkitekturbärande komponenter och modulariseringsmetod relateras till byggnadsverk, byggdelar och dess komponenter i enlighet med övriga styrande Vägverkskrav. Projektet redovisar således relationen till Vägverkets utveckling av funktionskrav och beskrivningssystem för upphandling och funktionsstyrning.

## 5.2 Mål för metodutvecklingen

Vår tes är att ett antal omedelbara konkreta vinster kan göras genom utvecklandet av en modulariseringsmetod. Förbättrad ekonomi är ett viktigt mål som vi tror kan gå hand i hand med utveckling av gestaltningskvaliteten. Modellen ger en överblick över systemet och de ingående komponenterna, och möjliggör en dialog mellan produktutvecklare och Vägverket utifrån en helhetssyn. De kravspecifikationer för komponenter som modellen resulterar i kan bli ett effektivt verktyg för den arkitektoniska kvaliteten, och vi utvecklar en metod för dialog kring komponentutveckling och upphandling. Med en dokumenterad metod medvetandegörs standardiseringen på ett nytt sätt, och den repeterbara metoden ger möjlighet till erfarenhetsåterföring och successiv utveckling. Metoden skall också vara ett sätt arbeta in kvalitativa egenskapskrav på komponenter vid standardisering. Utöver dessa konkreta vinster, anser vi att modulariseringsmodeller baserade på ett *holistiskt\** synsätt på processer, teknik och *design\**, kan bidra till ett antal mer övergripande aspekter, såsom:

- ett stärkt varumärke
- ett utvecklat livscykelperspektiv
- höjning av teknisk och arkitektonisk kvalitet
- kontinuerlig utveckling
- höjd resurseffektivitet

## 5.3 Modularisering - från produktindustri till anläggningssektor

Modularisering tillämpas som metod inom produktindustrin för att erhålla så effektiva och målorienterade system för produktutveckling och -framställning som möjligt. Det finns inga utvecklade metoder för modularisering som fungerar för bygg- och anläggningssektorn idag. Vi ser dock goda möjligheter att dra nytta av kunskap om modularisering från produktindustrins metoder när bygg- och anläggningssektorn investerar i utvecklingsprogram för ökad industrialisering av sin verksamhet.

Scheiwiller Svensson Arkitektkontor har i tidigare projekt studerat modularisering och har i det arbetet tagit fram ett antal modeller. Modellerna är en hjälp att förstå och dokumentera

komponenters specifika plats i ett större system, deras funktion, värde och egenskaper, vilka intressenter som berörs av komponentens egenskaper samt komponentens livscykel. För utvecklandet av modellerna kommer vi parallellt att hämta in fakta genom studiebesök, temaseminarier, intervjuer samt kontakt med personer med erfarenhet från vägprojekt. Modellerna går från dummy till slutprodukt genom att de kompletteras fortlöpande av faktainhämtningen. Resultatet från arbetet är ett visuellt material som åskådliggör analysresultaten.

### *Modulariseringsmodeller*

För att beskriva arbetet innan det är påbörjat har vi listat de modulariseringsmodeller som kommer att användas. Eftersom det rör sig om ett utvecklingsarbete kan fler modeller tillkomma. Modellerna är generella med vi har beskrivit på vilket sätt vi tänker använda dem i det kommande arbetet. Alla modeller resulterar i en visuell representation.

#### *Taxonomisk modell; ger överblick*

Kartlägger alla komponenter som förekommer inom systemet. Modellen ger en grov sortering över olika komponenters egenskaper och/eller funktion. Den taxonomiska modellen är oftast hierarkisk till sin struktur. Alla arkitekturbärande komponenter som används inom vägbyggnad listas och sorteras efter t.ex. funktion.

#### *Produktmodell; visar en produktstruktur*

Modellen är icke-hierarkisk och visar, de i en produkt ingående modulerna i relation till varandra, med fysiska, lägesbestämda och icke-fysiska relationer till varandra. Möjliga synergieffekter mellan vardagsprojekt och projekt med symbolvärde kan studeras i modellen.

#### *Viktningmodell; fokus på kritiska komponenter*

Viktat komponenterna efter hur stor inverkan de har i relation till målsättningen och helheten. Denna modell visar vilka komponenter man bör fokusera på för att nå sina mål. Ekonomi, tid, kvalitet och arkitektur är exempel på möjliga viktningsskriterier.

#### *Gränssnittmodell; beskriver gränssnitt*

Visar vilka kopplingar och gränssnitt som finns mellan moduler. Kopplingar kan ha olika egenskaper, fysiska och indirekta. Modellen ger en förståelse för hur komponenten uppför sig inom det större systemet vilket leder till bättre förståelse för systemets uppbyggnad och minskar risken för felaktig modularisering av komponenten. Specifika funktioner och krav kan kopplas till de enskilda gränssnitten och hanterar bl.a. både tekniska och estetiska aspekter.

*Livscykelmodell; ger holistisk syn av en produkt över tid*

Sätter in en eller flera komponenter längs en tidsaxel och visar komponentens/komponenternas aktivitet under olika processteg. I modellen kan ekonomi och kvalitetsaspekter studeras över komponentens hela livstid.

*Intressentmodell; tydliggör komponenten i relation till dess intressenter*

Listar vilka intressenter som finns kopplade till varje komponent. Denna listning kan utökas med varje intressents krav på komponenten. Modellen åskådliggör vad som är kritisk information utifrån olika intressenters perspektiv och kan ligga till grund för en bättre kommunikation i hanteringen av komponenten.

## Bilaga 1. Ordlista

### A

#### *Abstrahera*

Att förenkla, generalisera och lyfta problemställningar till ett principiellt plan, där bara information som är relevant för det aktuella syftet finns kvar.

#### *Arbetsplan*

Arbetsplanen är det tredje steget i planeringen av ett vägprojekt. Arbetsplanen visar mer i detalj var vägen skall gå och hur den kommer att se ut. Den presenteras vid ett eller flera markägarsammanträden. Om projektet medför en betydande miljöpåverkan skall ett utökat samråd ske enligt miljöbalken om detta inte har skett i vägutredningsskedet. I planen ingår en miljökonsekvensbeskrivning som skall godkännas av Länsstyrelsen.

### C

#### *Customization*

Detta är en industriell affärs- och produktionsstrategi med syfte att tillfredställa respektive kunds individuella behov med massproduktionens effektivitet.

### D

#### *Design*

I betydelsen design lägger vi hela processen av att formulera behovet av en produkt, ett system eller en komponent, samt att fullständigt definiera denna och utveckla en plan för dess produktion.

#### *Driver*

Detta engelska ord kan beskrivas som den aktiva drivkraft som för en utvecklingsprocess mot specifika beslut och resultat.

### E

#### *Enhet*

En enhet är en självständigt fungerande del av en större helhet.

### F

#### *Funktion*

Det traditionellt mest framträdande sättet att klassificera byggnadskomponenter, där objektet definieras av vad det gör dvs. hur objektet fungerar på sin plats i den färdiga produkten.

## **G**

### *Gränssnitt*

Den definierade interaktionen mellan en eller flera enheter, där denna kan vara både materiell, t. ex. den fysiska kopplingen mellan två komponenter, och immateriell, t.ex. informationsutbyte mellan processer. Interface på engelska.

## **H**

### *Holistiskt*

Kommer från grekiskans *holos*, "hel", "odelad". Är i allmän bemärkelse ett filosofiskt betraktelsesätt att helheten är större än summan av delarna och att inget kan beskrivas enskilt, fjärrmat från sin kontext. Motsatsen till holism är reduktionism, atomism och vetenskapsteoretisk individualism.

## **I**

### *Industrialisering*

Industrialisering inom byggbranschen handlar om att flytta arbetsmoment från byggarbetsplatsen till en fabriksmiljö. Detta innebär ofta att tillverkning av byggelement sker industriellt, men att montaget sker på plats.

### *Instansiering*

Objekt (instanser) skapas utifrån en mall (klass). Detta kallas att instansiera. Genom instansieringen görs en generell mall specifik genom att dess parametrar låses.

### *Interface*

Den definierade interaktionen mellan en eller flera enheter, där denna kan vara både materiell, t. ex. den fysiska kopplingen mellan två komponenter, och immateriell, t.ex. informationsutbyte mellan processer.

### *Iteration*

Detta är ett annat ord för upprepning. Inom matematiken och i programmering handlar detta om att en funktion eller process åstadkommer något genom att upprepa beräkningar eller andra operationer tills ett önskat resultat uppnått. Inom designprocesser handlar det om att upprepat återgå till utgångspunkten för att söka alternativa lösningar. Detta kan göras för delprocesser såväl som helheter.

### *Iterativ Process*

En iterativ process är repetitiv metod som används för att kunna integrera en komplex uppsättning variabler i problemställningen. Denna metod kan ses i kontrast till direkta metoder, där ett enda steg leder till problemets lösning. En iterativ process innebär en arbetsmetod som successivt närmar sig lösningen genom skapande, reflektion och omskapande. Genom denna

sekvens görs "loopar" genom en komplex kravuppsättning, med en kontinuerlig utvärdering och ett sökande efter en holistisk lösning. Processen kan resultera i indikationer på att en eller flera av ingångskraven bör ändras för att nå den optimala helhetslösningen.

## **K**

### *Klassificering*

Klassificering är ett begrepp som ligger systematiken nära, det vill säga indelning i redan färdiga klasser. För att kunna göra en god klassificering är det nödvändigt med god domänkunskap, det vill säga man måste veta något om det man skall ordna. Ett klassificeringssystem kan vara olika uppbyggt, till exempel bygger (Linnés sexualsystem) på en binär klassificering i släkten och arter (och ytterligare gruppering i familjer etc.), det kan vara uppbyggt på decimalsystem med allt finare indelning. Moderna klassificeringssystem har oftast en uppbyggnad som lämpar sig för datorbehandling. Domänen kan vara ändlig eller oändlig. Indelningsgrunden kan vara hierarkisk eller icke-hierarkisk. En klassificering görs för att skilja på det man delar in.

### *Konfiguration*

Med konfiguration avses här den lägesbestämda ordningen mellan delkomponenter hos en helhet. Konfigurationen anger vilka komponenter som ingår och hur de hänger samman.

### *Komponent*

Med komponent avses här en mindre, självtillräcklig del av större helhet. Komponenter kan vara fysiska objekt såväl som delar av processer. Om inte prefixet "process" (-komponent) används i texten avses fysiska komponenter.

### *Kravspecifikation*

En kravspecifikation sammanfattar en aktörs krav på den funktion, process eller produkt, som önskas realiserad. Inom systemutveckling är kravspecifikationen det styrande dokumentet för funktionaliteten av ett datorsystem.

### *Kriterium*

Ett kriterium är ett krav som måste uppfyllas för att en företeelse skall accepteras som det som den gör anspråk på att vara. Ett vanligt kriterium för vetenskap är till exempel att dess teorier måste vara verifierbara, det vill säga, påståendena som görs måste kunna kontrolleras av vilken oberoende individ som helst.

### *Kompabilitet*

Kompatibilitet, att kunna passa ihop med något annat. Inom mekanik och hållfasthetslära innebär kompatibilitet mellan kroppar att de "sitter ihop" och att deras deformation därför är lika stor i kontaktytan, vilket kan formuleras i ekvationer.

## **L**

### *Linjeföring*

Linjeföring innefattar en vägs dragning såväl i vertikal led; vertikalkurvatur, backighet, gradient, som i horisontell led; horisontalkurvatur, kurvradier. Även vägens tvärfall räknas till linjeföring. Likaså tillhör snedlutning, vektorn av längsgående gradient och tvärfall, vägens linjeföring.

### *Linjeföringselement*

Linjeföringselement avser de segment som vägen består av; raklinjer, cirkelbågar, klotoider etc. Sammantaget bildar de vägens linje i landskapet

### *Lösningsrymd*

Enl. matematiken mer känt som optimering, beskriver den totala uppsättningen möjliga lösningar på ett optimerat problem.

## **M**

### *Mass Customization*

Stan Davis (ung.): ”när samma stora antal kunder kan nås som i den industriella marknadens massproduktion, och samtidigt kan behandlas individuellt som i förindustriella ekonomier med en marknad baserad på skräddarsydda lösningar”. Mass customization innebär ett definierat lösningsutrymme för kundanpassning inom industriellt rationell produktion.

### *Metod*

Metod är tillvägagångssätt, strategi eller teknik för att få fram data i en forsknings- eller utvecklingsprocess.

### *Modell*

En modell är en förenkling och abstraktion av verkligheten som används för att representera produkter, processer eller system.

### *Modellering*

Modellering innebär skapandet av en förenklad representationer av t.ex. en upplevd verklighet, en idé, ett system, en komponent eller en process. Modellen kan ha olika egenskaper, men är ofta en helhet uppbyggd av delar.

### *Modul*

En modul är en typ av komponent men till skillnad från komponenten har modulen tydligt definierade gränssnitt mot andra moduler. En produkt består av flera moduler. Olika funktionskriterier ligger till grund för indelningen av produkten i moduler.

### *Modularitet*

Modularitet kan beskrivas som resultatet av en *modulariseringsprocess* där ett system (t. ex. en byggnad) delas upp i mindre delar eller subsystem, som kan hanteras relativt oberoende av varandra och sätts samman till olika typer av konfigurationer. Graden av modularitet är på så vis direkt relaterad till systemets flexibilitet. Det är viktigt att notera att egenskapen modularitet inte bara avser de fysiska aspekterna av ett system, utan omfattar även processer.

### *Modularisering*

Modularisering är en form av standardisering där det är gränssnitten mellan delar som är standardiserade.

I en modularisering delas ett produkt upp i delar, dessa delar bildar tillsammans ett system. Delarna inom systemet kan sedan åter konfigureras till produkter. Delarna, som kallas moduler, har därmed möjlighet att utformas på olika sätt så länge som gränssnitten inte ändras. Genom modularisering ökas modulariteten i ett system. För att göra detta med gott resultat krävs en strukturerad metod och väldefinierade *drivers* och *classifiers* för de ingående modulerna.

### *Modulariseringsmetod*

För att genomföra en modularisering behövs en dokumenterad metod för hur arbetet bedrivs. Genom en beskriven metod kan man utvärdera resultatet av processen liksom själva processen, denna kan sedan återupprepas.

## **P**

### *Parameter*

En parameter är en storhet som betraktas som konstant i en viss situation men som kan anta andra värden i andra situationer. Dessutom kan en och samma parameter ibland uppfattas som konstant eller variabel beroende på betraktarens utgångspunkt.

### *Parametri*

Effektiv konstruktion karakteriseras av standardisering och återanvändning. En parametrisk produktmodell kan obegränsat, inom ramen för lösningsrymden, användas för att konfigurera standardprodukter och ger möjlighet att snabbt undersöka olika scenarion och därför öka antalet konstruktionsiterationer. Inbyggd information kan också ge konstruktörerna möjlighet att analysera effekter som konstruktionsändringar har på påföljande aktiviteter t.ex. tillverkning, montering, underhåll. En parametrisk produktmodell kan skapas på flera olika sätt t. ex. genom att koppla geometriparametrar till varandra eller att använda programmering. Detta är parametrisk design dvs., *parametri*.

### *Parametrisk design*

Parametrisk design bygger på att en eller flera parametrar kopplas till en produktmodell. Produktmodellen ändras efter hur parametern/parametrarna förändras. Parametrisk design möjliggör effektiv produktutveckling genom produktmodeller som innehåller kopplingar för att konfigurera produkter och stimulera återanvändning.

### *Plattform*

En plattform är den uppsättning komponenter/moduler, processer, kunskap, människor; som delas av en grupp av produkter och bidrar till olika synergieffekter.

### *Process*

En process är en avgränsad samling aktiviteter som syftar till att uppnå ett definierat mål.

### *Processmodell*

En processmodell beskriver en process med hjälp av en visuell representation. En processmodell kan fånga olika aspekter hos en process, där de viktigaste är kontrollflöde, dataflöde och resursflöde. I ett kontrollflöde specificeras aktiviteter samt deras inbördes ordning. I ett dataflöde specificeras vilken data som insamlas, transformeras och transporteras mellan olika aktiviteter. I ett resursflöde specificeras vem eller vilka som kan utföra eller har ansvar för att utföra olika aktiviteter.

### *Produktstruktur*

Produktstruktur används för att beskriva hur en produkt är uppbyggd av mindre delar och hur de relaterar till varandra. En produktstruktur kan göras med flera olika utgångspunkter, anpassade för att visa relevant information för olika kategorier av mottagare.

## **S**

### *Standardisering*

Standardisering innebär att etablera enhetliga kriterier för processer och/eller fysiska objekt för repetitivt bruk. Standardisering syftar till att uppfylla obligatoriska egenskaper och värden.

### *System*

Ett system är en uppsättning interagerande enheter, fysiska eller abstrakta, som tillsammans utgör en integrerad helhet. Det är möjligt att dela in ett system i delsystem, eller att gruppera ihop flera system till ett större system.

## T

### *Taxonomi*

Taxonomi av grekiska: *taxis*, ordning och *nomi*, bruk, regel, är vetenskapen om indelning, eller klassificering som det också heter, av organismerna i *taxa*, det vill säga domän, rike, klass, släkten, familj, art, underart, etc. Inom taxonomin arbetar man med att beskriva olika arter, vad det är som utmärker och gör just den beskrivna arten speciell och unik. Inom systematiken arbetar man med att sätta in de olika arterna i ett sammanhang, exempelvis att beskriva släktskap.

### *Teknisk livslängd*

Teknisk livslängd är den tid under vilket byggnadsverket/vägen eller del därav, uppfyller avsedd funktion med "normalt underhåll".

## V

### *Varians*

Varians är ursprungligen ett begrepp inom matematisk statistik. Här använder vi det när vi talar om kontrollerad, styrd och mätbar variation.

### *Variansstyrning (eng. Variety Control)*

Variansstyrning innebär hantering av variantrika produkter som är uppbyggda av både sinsemellan lika och sinsemellan olika komponenter. Att skapa variantrika produkter med stor komponentgemenskap mellan de olika varianterna kräver balans mellan unikiteten och gemenskap i produkterna.

## Bilaga 2. Litteraturlista

### Publicerade källor

Använda källor:

Drottenborg, H. (2004). *Programbeskrivning inom området vägarkitektur*, Institutionen för Teknik och samhälle, Avdelningen Trafikteknik, Bulletin 218, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Engström, D., Nilsson, F. (2008). *Industriell utveckling av arkitektur i Sverige*, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

Ericsson, A., Erixon, G. (1999). *Controlling Design Variants: Modular Product Platforms*, Michigan, USA

Fixon, S. (2006). A Roadmap For Product Architecture Costing; publicerad i Simpson, T., et. al. Red., (2006).

Gräns, S. (2007). *En efterlängtd väg – E4 Uppsala-Mehedeby*, Vägverket, Borlänge

Gunterberg Ädelqvist, Y., Runberger, J. (2006). *Volymelement i bostadsarkitekturen, Studie och reflektioner*, Arkus, Stockholm

Haaber-Bernth, A., Lembke, Paula (2004). *Är standarder lönsamt för företag? En kartläggning av olika standardnivåers och –aspekters ekonomiska effekter ur ett företagsperspektiv*, Handelshögskolan, Stockholm

Jonson, L., (2008)., *Väldesignade vägar ger högre säkerhet*, Dagens Nyheter, artikel 2008-09-10

de Laval, S. (2003)., *Blev det som vi tänkt? Utvärdering av gestaltningskvaliteter i sex vägprojekt*, Vägverket, publ.2003:75

Lessing, J. (2006). *Industrialised House-Building - Concept and Processes*, Lunds Universitet - Lunds Tekniska Högskola, Lund

Meyer, M. H., Lehnerd, A. P. (1997). *The Power of Product Platforms*, New York, USA

Persson, B. red. (2006). *Process för välgestaltade vägar i staden*, Arkus, Stockholm

Persson B. red. (1993). *Vägen i staden – Ett stadsbyggnadsproblem ringas in*, Arkus, Stockholm

Rychlik C. (2005). *På väg mot vägarkitektur*, Institutionen för Teknik och samhälle, Avdelningen Trafikteknik, Thesis 131, Lunds Tekniska Högskola, Lund

Simpson, T., et. al. Red., (2006). *Product Platform and Product Family Design: Methods and Applications*, New York, USA

*Bärbyleden II i Uppsala*, Møller & Grønborg AB och KHRAS med Vägverket, publ. 1993

*Vackrare väg: arkitektoniska kvalitetsfrågor i väghållningen*, Vägverket, publ. 1997: 88

*God vägarkitektur*, Vägverket, publ. 2001, Borlänge

*Program för inbjuden tävling om formgivning av vägutrustning*, Vägverket, publ. 2001

*Rutiner för vägarkitektur på vägverket region Stockholm, utvärdering/uppföljning av gestaltningsåtgärder*, Vägverket, publ. 2003: 11

*Vägars värde*, Vägverket, publ. 2004: 146

*Vägen: en bok om vägarkitektur*, Vägverket, publ. 2006: 28

*Vackert Rättvik*, Vägverket, publ. 2007: 56

*Fördjupningsdokument för vägarkitektur och vägutformning*, Vägverket, publ. SA80A 2007: 14 540

*En väg blir till - Vad händer och hur kan du påverka?*, Vägverket, publ. 2007: 88 210

*Väg 40, Brämhult – Dällebo, Gestaltningsrapport*, Vägverket, publ. 2008: 89 196

## För vidare läsning

*Lästips:*

Adler, P. (2005). *Bygga industrialiserat*, Stockholm

Beim, A., Sánchez Vibæk, K., Ryborg Jørgensen T., (2007). *Arkitektonisk kvalitet og industrielle byggesystemer: råhuset i det aktuelle danske etageboligbyggeri*, Cinark forskning, Kunstakademiet, Arkitektskolen, Köpenhamn, Danmark

Björnfot, A., (2006)., *Industrialisation of Construction – A Lean Modular Approach*, artikel 2006

Björnfot, S. (2008). *Lean modular design : value-based progress of industrialised housing*, Luleå Tekniska Universitet, Manchester, UK

Haymaker, J., (2006)., *Communicating, Integrating and Improvising Multidisciplinary Design and Analysis Narratives*, CIFE, Stanford University, USA, artikel 2006

Kieran, S., Timberlake K., (2004). *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction*, New York, USA

Ryborg Jørgensen, T. (2007) *Arkitektur & Mass Customization*, Cinark forskning, Kunstakademiet, Arkitektskolen, Köpenhamn, Danmark

Rönn, M. et al. (2007)., *En fråga om kvalitet*, Santérus förlag, Stockholm

Sarja, A. (1998)., *Open and Industrialized Building*

Sarja, A. (2002)., *Integrated Life Cycle Design of Structures*

Stranegård L. red (2007)., *Den omätbara kvaliteten*, Norstedts Akademiska Förlag, Stockholm

Staib G., *Components and Systems: Modular Construction – Design, Structure, New Technologies*

Ulrich K. T., (2008). *Product design and development*, New York, USA

## **Elektroniska källor**

Vägverket [www.vv.se](http://www.vv.se)

Manubuild, Open Building Manufacturing, [www.manubuild.org](http://www.manubuild.org)

Lean Forum Bygg, [www.leanforumbygg.se](http://www.leanforumbygg.se)

Wikipedia, [www.sv.wikipedia.org](http://www.sv.wikipedia.org)

## Bilaga 3. Intervjuer

### Intervju med Kjell Mårtensson

Namn: Kjell Mårtensson, projektledare Vägverket – Region Väst

Plats: Vägverket – lokalkontoret, Göteborg

Objekt: RV 40, Brämhult – Dällebo, 2003-2007

Datum: 2008-12-09

#### Frågor:

1. Vilken är din bakgrund och ditt kompetensfält? Vilken har varit din roll inom Vägverket tidigare, och vilken är den idag?
2. Vilken är din definition av standardisering?
3. Vilka är Vägverkets mål med standardisering? Vilka borde målen vara enligt ditt synsätt?
4. Vilka fördelar respektive nackdelar ser du med standardisering? Vilken är framtidspotentialen?
5. Vilka resultat av standardisering har vi sett på vårt studiebesök idag; komponenter, lösningar, processer?
6. Vad har man vunnit respektive förlorat genom denna tillämpade standardisering avseende ekonomi, tid, arkitektur och annat?
7. Vad borde ha gjorts annorlunda, och i så fall hur?
8. Vilken är din framtidsvision av vägbyggandet?

#### Svar:

*Siffrorna vid svaren refererar till intervjufrågorna.*

1. Mårtensson har varit vägprojektör sedan 1964 – först som projektör med ansvar för vägutredningar, sedan projektledare under 15 år med ett samlat helhetsansvar. Numera är han verksam som seniorrådgivare och kompetensstöd.
2. Min definition av standardisering är att hitta systemlösningar som kan tillämpas i olika miljöer som; byggelement, arbetsberedningar och ett standardiserat sätt att kvalitetssäkra – inklusive riskanalyser och kalkyler som i sin tur ger säkerhet.

3. Målen borde vara lika angreppssätt med effektivitetsmål och ”kända” lösningar så att man slipper uppfinna hjulet varje gång. Detta samt möjligheter att systematisera erfarenhetsåterföringen. I viss mån är det så. Effektivitetsutveckling ingår i industrialisering men ryckighet i planering (arbetsprocessen) och produktion ger problem att överblicka komponentmarknaden.

4. Industrialisering borde innebära:

- sänkta kostnader
- kortade tider
- kända metoder för entreprenörer
- ett fönster öppet för entreprenörers kreativitet.

Observera att i funktionsentreprenader kan enbart de större aktörerna vara kreativa och utveckla något nytt, de mindre har inte råd. Funktionsentreprenader leder till utveckling av egna, slutna system hos de stora entreprenörerna. Risken att gå miste om innovation skall beaktas när man arbetar med industrialisering och/eller standardisering.

Vi ser en marknad med ökat urval och större utbyte mot EU. Det är hittills endast vid större upphandlingar som utländska entreprenörer lämnar anbud.

I potentialen ligger en möjlighet att kunna ställa krav på snabbare utveckling av miljövänliga lösningar, energikrav på maskiner etc. Möjlighet till erfarenhetsåterföring/uppföljning och ett livscykelperspektiv finns också med bland möjligheterna. Mårtensson anser vidare att det viktigt att välja det som fungerar bäst ur ett resurs- och livscykelperspektiv.

5. De komponenter, processer och lösningar som standardisering har gett exemplifieras av armaturer, vägräcken, elskåp, bullerplank, brofästen och pelare. Det finns EU krav på broräcken som är relativt nya fr.o.m. 2006 som måste uppfylla EU normer. Safeline är en serie som Vägverket själv tagit fram för att kunna åstadkomma en sammanhållen vägbild avseende räcken, belysningsarmaturer etc. Safelineprodukter upphandlas direkt av Vägverket och tillhandahålls av entreprenörerna på avrop när ett projekt är aktuellt.

Mårtensson anser att det alltid har funnits någon typ av standardkrav avseende teknisk beständighet. Avseende komponenter har man försökt att specificera galvade produkter, beläggning, armeringsstål, stålbyggnadsnormer och SIS-färger med standardkrav. Ledord är teknisk kvalitet och enhetlighet. Mårtensson menar att LOU är ett hinder i styrning av gestaltningen.

6. Mårtensson menar på att man har vunnit en viss enhetlighet i utformningen, man har haft ett stöd i att få kontroll över teknisk kvalitet, och när funktionskrav tillämpas kan man välja mellan ett antal entreprenörer. Men, han pekar på att det även kan resultera i motsatsen; brister i helhetsbilden när man sätter ihop delar från olika entreprenörer, och designen kan blir svår att styra. Komponenter betraktas som utbytbara mot varandra, trots att detta bara gäller de tekniska egenskaperna, inte de estetiska. En positiv effekt av utbytbarheten är att branschstandarden gör att det finns skruvar och infästningar som är standardiserade avseende mått och krav så att de kan bytas ut.

7. Mårtensson säger att ibland standardiserar man på för låg nivå för att spara pengar, och då blir resultatet förödande. Ett exempel på detta är klistrade betongkantsstöd som inte har hållit. Fult och kortlivat, men billigt, kan man säga enligt Mårtensson. Ekonomin får inte styra för mycket när man standardiserar.

En annan sak är att det finns krav på hur en broplatta skall vara isolerad. Förut tillämpade man *mastics* – gjutasfalt, och nu använder man *betumenmatta*. Förr tog brister och läckage i den gamla metoden flera år att upptäcka och nu har man istället problem med luftbubblor för att man är slarvig under utförandet – man kan säga att gamla och nya metoder har olika konsekvenser.

Mårtensson menar att det inte finns någon överordnad granskning av gestaltningsprogram. Funktionskrav är ett trubbigt verktyg men svarar mot LOU. Det gör att det är svårt att behålla kontrollen över estetisk kvalitet.

I E6-projektet i Bohuslän är vägsträckan uppdelad i flera olika delentreprenader. För att åstadkomma en enhetlig väg med ett sammanhängande räcke lyfte Vägverket ur denna upphandling – som normalt handhas av entreprenör, och gjorde denna upphandling separat. Alla delentreprenörer erhöll sedan detta räcke vid avrop under projektets gång och ett enhetligt räcke längs hela sträckan åstadkoms.

Mångfalden av produkter försvårar en sammanhållen gestaltning. Man begränsas av LOU, ett splittrat produktbestånd och prismässigt ledande leverantörer. Patent är också en begränsning menar Mårtensson.

8. Mårtensson säger att ökad kontinuitet ger ökad stabilitet; vi kommer inte att bygga stora motorvägsprojekt i all evighet men däremot kommer vårt mindre väg- bestånd kräva oändligt mycket underhåll. En uppgift med bäring på framtiden är att utveckla produkter och komponenter, för bättre gestaltning och med ett livscykelperspektiv.

## Intervju med Catarina Holdar

Namn: Catarina Holdar, landskapsarkitekt LAR/MSA

Plats: Scheiwiller Svensson arkitektkonor ab, Stockholm

Objekt: E4, Uppsala – Fullerö (Mehedeby) och Bärbyleden, 2002-2007

Datum: 2009-01-07

### Frågor:

1. Vilken är din bakgrund och ditt kompetensfält? Vilken har varit din roll inom Vägverket tidigare, och vilken är den idag?
2. Vilken är din definition av standardisering?
3. Vilka är Vägverkets mål med standardisering? Vilka borde målen vara enligt ditt synsätt?
4. Vilka fördelar respektive nackdelar ser du med standardisering? Vilken är framtidspotentialen?
5. Vilka resultat av standardisering har vi sett på vårt studiebesök idag/kan man urskilja i referensprojekt avseende komponenter, lösningar, processer?
6. Vad har man vunnit respektive förlorat genom denna tillämpade standardisering avseende ekonomi, tid, arkitektur och annat?
7. Vad borde ha gjorts annorlunda, och i så fall hur?
8. Vilken är din framtidsvision av vägbyggandet?

### Svar:

*Siffrorna vid svaren refererar till intervjufrågorna.*

1. Holdar är landskapsarkitekt LAR/MSA och arbetar idag på Tyréns. Hon har tidigare arbetat på Vägverket Konsult och KM - numera WSP. Under tiden på KM arbetade hon med vägsträckan Uppsala – Fullerö som ansvarig landskapsarkitekt för delsträckan. Sammantaget var det fyra olika kontor som arbetade med respektive delsträcka. För övergångar mellan de olika delarna skedde ett tätt samarbete mellan de olika kontoren för att nå enhetlighet där detta var eftersträvansvärt.

Just nu arbetar Holdar med E18 sträckan Hjusta – Kista på Tyréns. Avseende frågan om standardisering har standardiserade stödmurar aktualiserats i projektet.

Idag arbetar hon i huvudsak med övergripande planering och miljökonsekvensbeskrivningar och det bli mindre detaljprojektering. Holdar är också

involverad i ett Arkusprojekt om säkerhet i vägtunnlar och har tidigare suttit som sekreterare i Safelinetävlingen under vilken man på Vägverkets beställning tog fram standardiserade vägkomponenter av hög designkvalitet.

2. Avseende standardisering på komponentnivå så menar Holdar att det snarare borde kallas ”prefabricering”. Hon menar att det är viktigt att en standardiserad produkt är en mindre enhet som kan fogas samman på flera sätt för att skapa variation i användandet. Hon nämner följande vägkomponenter som exempel på objekt för standardisering:

- broar – standardbroar, kan delas in efter konstruktionsprincip och/eller typ
- stödmurar skulle kunna standardiseras för att höja den estetiska kvaliteten.

Safelinetävlingen undersökte och utvecklade vägutrustning och detta har höjt designkvaliteten även hos andra leverantörer. Men då säkerhet och testning bekostas av producenterna leder detta till att ingenting specialritas i projekt. Hon nämner broar och växtbäddar som exempel på gestaltningselement som det sparas in på i projekten.

Avseende standardisering av metoder så menar hon att dessa kan vara standardiserade, dessa metoder kan gälla inom Vägverket men de kan också vara projektspecifika. Vid utredningar är det tydligt preciserat vilket material som skall tas fram – detta gäller arbetsbeskrivningar etc. Vägverket har handbokssamling om de olika processstegen. Den första var *Vägprocessen* som kom på 90talet.

Hela samlingen kallas för Väg – planering/projektering. De första delarna/handböckerna kom 1994 och behandlar vägutredning, arbetsplan och bygghandling dvs. processerna.

Vägverket och Sveriges kommuner och landsting har utvecklat ”*Vägar och gators utformning*”. Framkomlighet, hur lätt det skall vara att ta sig fram, och säkerhet är utgångspunkter för arbetet med utformning och gestaltning av vägar som presenteras i publikationen. Holdar menar att hur vägen byggs upp, tjälklasser etc. samt normalsektioner är även det ganska standardiserat.

Hon beskriver att LOU har varit ett problem – man kan inte välja fabrikat, och beskriver en situation där Vägverket måste tillhandahålla alla trafik komponenter om man absolut vill ha ett visst fabrikat. Så var det tidigare men när Vägverket inte längre ville agera lager blev det problem med gestaltungsarbetet. Vägverkets standardprodukter var inte särskilt snygga.

Vill man föreskriva t.ex. rörräcken har man några att välja på. Skriver man att det skall vara ett slutet rörräcke så finns det emellertid bara en typ – eller fanns, att tillgå och

chansen till ett enhetligt räckte ökades. Detta som ett exempel på hur hon har försökt att styra en enhetlig gestaltning. Numera måste man ha räckten även vid 13 m mittremsa – tidigare fanns inga sådana krav.

3. Holdar menar att målen med standardisering borde vara att lyfta nivån på de standardprodukter som finns. Hon menar att man skall tänka byggkloss istället för hel produkt detta för att kunna vara lite friare i hur gestaltningen sker. Idag är utbudet för begränsat, det finns inte många produkter att välja bland. Billiga och snygga komponenter behövs.

Holdar säger att följande skulle kunna förbättras:

- nivån på estetiken avseende bullerskärmar skulle kunna höjas
- upphandling, drift och underhåll skulle kunna delvis underlättas.
- upphandlingen skulle inte förändras speciellt med ökad standardisering, kanske att det skulle vara lättare att utvärdera genom att tolkningsutrymmet preciseras.

4. Holdar menar att goda lösningar skulle kunna återanvändas utan att vara dyra. Som exempel har Tyréns har tagit fram en gestaltad stödmur som är projektspecifikt. Hon nämner betongbullerskärmen längs Bärbyleden vid Uppsala som ett annat fint exempel. Holdar kommenterar vidare: ”Svenska krav styr vid val av produkter och gör det svårt att plocka in produkter från andra länder. Tror jag i alla fall, men bombis är jag inte”.

Tekniskt komplicerade projekt kan ev. plocka in entreprenader/komponenter utanför det direkta närområdet. Vi pratar här om entreprenörer. Men, det sällan är utländska entreprenörer som bygger vägar i Sverige. Holdar säger: ”Vad jag vet är det bara när man byggt riktigt stora broar det har varit aktuellt. Svenska entreprenörer väljer väl de material de känner till och därför kanske inte räckten från t.ex. Danmark blir aktuellt”.

Holdar beskriver att projekt gestaltas i som helheter och under en sammanhållen tidsperiod. Under projekteringen försöker man ta hänsyn till helheten. Men kraven kan komma att ändras vid eventuell omprojektering under projektets gång. ”Idag är samarbetet kring gestaltningen av vägarna bra, t.ex. är samarbetet bro ingenjör/landskapsarkitekt tätt och bra. Standardbroar och vägportar skulle kunna ges en generellt högre kvalitet” säger Holdar. Slutsatsen är att standardisering kan bidra till en bättre gestaltning.

5. E4an med sträckan förbi Uppsala är speciell säger Holdar. Vägarkitekturen är underordnad kulturlandskapet. Hon gör en jämförelse mellan Bärbyleden och nya E4an.

”Bärbyleden vackrare, man har arbetat mer med slänterna” säger hon. Den nya E4an är ett exempel på när kulturmiljöintressen har gets prioritet över anpassning till topografin, vägen ligger nersänkt och korsande vägar ligger i marknivå.

Generellt för god vägarkitektur gäller att vägen skall vara väl anpassad till topografin, vara körvänlig och behaglig. God vägarkitektur utmärker sig genom att vägen känns självklar. Det finns en stark samsyn på vad den goda vägarkitekturen är i Sverige. Vägarkitekturen är oftast underordnad kulturlandskapet berättar Holdar: ”Man försöker ge vägsträckan identitet och förankring till den lokala kontexten” säger hon. Och förklarar vidare angående standardiserade komponenter: ”En standardbro kan ändå varieras gestaltningsmässigt. Pelare och kantbalkar kan varieras. Konstruktionsprincipen är standard. Broar kan kläs för att variera uttrycket, placering av pelare, kantbalkar etc.” Som komponenter som med fördel kan standardiseras nämner hon brofästen, kantbalkar och räcken.

Holdar beskriver arbetsverktygen: ”Stövelmetoden används i mindre utsträckning idag än tidigare men det är inte verktygen som är hindret. Äldre vägprojektörer har bättre känsla och erfarenhet och man har gjort fler platsbesök”. ”Landskapsarkitekterna och Geoteknikerna är nog de som är mest ute på platsbesök” förklarar hon vidare. Hon har erfarit en bra mottagning av de erfarenheter från fält som landskapsarkitekten kommer med.

6. Standardiserade lösningar fritar en inte från att rita igenom projektet menar Holdar. Hon säger att det är bra om man kan fokusera på de värdeskapande arbetsmomenten.

7. Avseende E4an Uppsala – Mehedeby initierade Vägverket samarbetet mellan de olika kontor som hanterade vägsträckan. Kvalitetssäkring skedde genom att man granskade varandras handlingar och detta var utvecklande för både konsulter och beställare. ”Budgeten för projektering sprängdes men sett i sitt sammanhang har man fått igen de pengar som projekteringen drog över” reflekterar Holdar.

8. ”Man behöver inte uppfinna hjulet på nytt för delar av mindre betydelse för gestaltningen av ett vägprojekt. Krut bör läggas på det som är värdeskapande för gestaltningen och upplevelsen, men vad det är kan variera både mellan och inom projekt”, avslutar Holdar.

## Bilaga 4. Genomgång av produkter aktuella för fallstudie

### Apparatskåp; elskåp, pumpskåp

#### Summering

Apparatskåpen har relativt nytt tillskott till vägmiljön och upplevs ofta som klumpiga. Apparatskåp används i flertalet projekt, dessa projekt skulle vinna på en mer gedigen utformning och god placering av apparatskåpen.

Kostnadsbesparingen i projektfasen uppskattas till mellan 5-15%. Betydande besparingar förväntas även ligga i driftfasen.

#### Standardisering och test av modulariseringsmetoden

Apparatskåp lämpar sig väl för en studie i modularisering. De är relativt komplexa, olika apparatskåp bör kunna dela komponenter mellan sig. Eventuellt kan de bestå av alltför många delar, olika material, krav och behov och därför vara en väl komplicerad första övning.

#### Brister

- Gestaltade apparatskåp saknas idag. De glöms ofta bort under processen och kommer sent in i arbetet då möjligheten att styra deras utformning är begränsad.

#### Potential

- Apparatskåp kan bli en attraktiv del av vägmiljön genom utvecklad gestaltning.
- Genomtänkt placering är viktig.
- Modularisering kan ge ett sammanhållet gestaltungsuttryck mellan olika apparatskåp liksom möjlighet till gemensam användning av ingående komponenter.

Nedan en förteckning över utvecklingspotentialer. Procentsatsen anger en uppskattad besparingsvolym.

Förbättrings potential	Projektfas			Driftfas	
	Projektering	Upphandling	Anläggning	Underhåll	Nedmontering
Ekonomi	Bättre - underlag - projektering - resultat	Större konkurrens genom ökat urval och skalfördelar		Möjlighet att byta utrustning i befintligt skåp	Återanvändning av skåp mellan projekt
Estetik	Framtagning av gestaltning av apparatskåp	Bättre styrning av gestaltningen	Precision i detaljer	Slitstark, smutsavvisande, tilltalande	
Tid	Typritningar, bättre instruktioner	Utvecklad kravspec	Standardiserat utförande och processer	Enkelt underhåll, service	
Potential	5-10%	5-10%		10-15%	

## Bullerskydd; skärmar ej vallar

### Summering

Bullerskydd är en produkt som ses både av förbipasserande bilister och av cyklister och fotgängare som rör sig i långsammare tempo och därför kan se utformningen tydligt. Bullerskydd används i begränsad utsträckning men med hänsyn tagen till de ofta ligger nära bebyggelse är det befogat att titta på utvecklingspotentialen av denna produkt.

Kostnadsbesparingen i projektfasen uppskattas till mellan 5-20%. Besparingar förväntas även finnas under driftfasen.

### Standardisering och test av modulariseringsmetoden

Bullerskydd skall uppnå givna funktionskrav samtidigt som deras utformning skall vara möjlig att anpassa för passning till den specifika platsen. Testet ger möjlighet att studera produktionsprocess av modulsystem och dess anpassning till objektets krav.

### Brister

- Bristande utbud på marknaden av olika typer för anpassning till olika miljöer. Ofta platsbyggda eller för objektet prefabricerade moduler. Undermålig gestaltning och anpassning till terräng och växtlighet.

### Potential

- Användande av kravspecifikation vid utveckling av bullerskärmar för projekt med symbolvärde ger möjlighet till återanvändning i vardagsprojekt. Detta bör resultera i ett större utbud av produkter för vardagsprojekt.
- Kravspecifikation för modulariserad bullerskärm tar hänsyn till underhåll och nedmontering. Modularitet ger möjlighet att enkelt byta delar med kortare livstid.

Nedan en förteckning över utvecklingspotentialer. Procentsatsen anger en uppskattad besparingsvolym.

Förbättrings potential	Projektfas			Driftfas	
	Projektering	Upphandling	Anläggning	Underhåll	Nedmontering
Ekonomi		Ökat urval och konkurrens			Möjlig återvinning
Estetik	Produktutveckling	Estetiska krav kan vägas in		Integrerat i produktutveckling	
Tid	Snabbare projektering	Utvecklad kravspecifikation används	Enklare anläggning	Enklare underhåll, service	Modularitet för enkel nedmontering
Potential	15-20%	10-20%	5-20%	10-25%	5-10%

## Erosionsskydd och släntbeklädnader

### Summering

Slänters ytmaterial och ytskikt är ofta betingade av krav på inre stabilitet, skred, sättningar och skjuvning etc. Det finns också krav på ytstabilitet mot yterosion så som jordtransport, rännilar etc. Ofta förekommer grovt makadamkross i vägmiljön som ger intryck av som en ofärdig och rå miljö. Erosionsskydd av grus enligt ATB Väg 2005 utförs i allmänhet med bergkross (0-100 mm) med tjocklek 0.3-0.5 m vilket ibland inte är anpassat till omgivande landskap.

Kostnadsbesparingen i projektfasen uppskattas till mellan 10-20%. Betydande besparingar förväntas även ligga i driftfasen.

### Standardisering och test av modulariseringsmetoden

Studien ger möjligheter att med producent utveckla standardiserade anläggningsmetoder. Standardiserade produkter kan bestå av fysiska komponenter såväl som av arbetsmoment. Även anläggningsmetoder kan således standardiseras/modulariseras.

### Brister

- Brister i metod för hantering och upplag samt återförande av så kallade avbaningsmassor.

### Potential

- Möjliggör resursnål användning av massor.
- Ökar möjlighet till variation och god anpassning till omgivande mark.
- Användande av kravspecifikation vid utveckling av metoder ger möjlighet till resurseffektiv användning av massor och estetisk tilltalande vägmiljöer.

Nedan en förteckning över utvecklingspotentialer. Procentsatsen anger en uppskattad besparingsvolym.

Förbättrings potential	Projektfas			Driftfas	
	Projektering	Upphandling	Anläggning	Underhåll	Nedmontering
Ekonomi		Tydlig metodbeskrivning	Enklare produktionsplanering Befintlig resurs	Mindre skador Naturlig mark	
Estetik	Metodutveckling ger variation och anpassning till omgivande mark	Estetiska krav kan vägas in	Anpassning till omgivande mark	Naturlig succession	
Tid	Snabbare projektering	Utvecklad kravspecifikation används	Enklare produktionsplanering Rationell masshantering	Enkelt underhåll	
Potential	15-20%	5-10%	15-20%	15-20%	

## Mittbarriärer

### Summering

Mittbarriärer för den ”mellanstora” vägen och miljön saknas. Ett större utbud av komponenter kan innebära en ökad möjlighet att använda mittbarriärer i flera typer av miljöer.

Kostnadsbesparingen i projektfasen uppskattas till mellan 5-15%. Betydande besparingar förväntas även ligga i driftfasen.

### Standardisering och test av modulariseringsmetoden

Barriärelement är ofta en betongprodukt. Tekniskt är den relativt enkel men utformning bör kunna varieras för god inpassning i den specifika vägmiljön. Studien ger möjligheter att med producent utveckla en vardagskomponent utifrån trafiksäkerhet, ekonomi och estetik.

### Brister

- Bristande utbud. Det behövs utveckling av produktsortimentet för flera typer av miljöer/situationer.

### Potential

- Produktutveckling baserat på kravspecifikation utvecklad enligt modulariseringsmetoden.
- Produkten och dess komponenter skall vara varierbar.
- Användande av kravspecifikation vid utveckling av produkter ger möjlighet till serier.

Nedan en förteckning över utvecklingspotentialer. Procentsatsen anger en uppskattad besparingsvolym.

Förbättrings potential	Projektfas			Driftfas	
	Projektering	Upphandling	Anläggning	Underhåll	Nedmontering
Ekonomi		Möjligt att handla upp färdiga produkter.	Kan monteras utan specialutrustning	Mindre skador Säkrare utbyte	Möjlig återvinning
Estetik	Produktutveckling av gestaltade produkter	Estetiska krav kan vägas in	Enhetlighet	Utbytbart	
Tid	Snabbare projektering	Utvecklad kravspecifikation används	Undviker grundläggning/borning Lyfter dit enheter	Enkelt underhåll/byte av enheter	Enkel nedmontering
Potential	5-10%	5-10%	15-20%	15-20%	5-10%

## Räckan, anslutningar, byten, övergångar

### Summering

Räckan förekommer i de flesta vägprojekt. Potentialen till ekonomiska besparingar och bättre design finns initialt under projektfasen genom utveckling av standardiserade anslutningar, byten och övergångar.

Kostnadsbesparingen i projektfasen uppskattas till mellan 10-20%. Betydande besparingar förväntas även ligga i driftfasen.

### Standardisering och test av modulariseringsmetoden

Valet av räckesinfästningar ger goda möjligheter att studera utformningen och att utveckla infästningsdetaljer med modulära egenskaper.

### Brister

Räckan är utvecklade för att klara tydligt uppsatta säkerhetskrav. Möjlighet att anpassa gestaltningen är begränsade. Detta leder till att olika räckestyper utseendemässigt inte är koordinerade vilket ger ett oroligt uttryck. Standardiserade lösningar saknas helt eller delvis för:

- Anslutningar mot mark/slänt av olika typer
- Övergångar mellan olika typer av räckan
- Övergångar vägräcke och broräcke

### Potential

Genom standardiserade lösningar för anslutningar, byten och övergångar kan alla vägprojekt ges en bra detaljering. Detaljritningar för anslutningar kan återanvändas. Detta ger möjlighet till kontinuerlig förbättring då samma lösning kan testas i många sammanhang och trimmas för möten mot olika typer av material och geometrier.

Modulariserade lösningar ger flexibilitet. Samma räckesavslut kan varieras för många olika typer av möten. Modularisering av räckan kan ge möjlighet till ett mer enhetligt gestaltungsuttryck mellan olika räckestyper. Modularisering av räckan och infästningsstolpar kan göra det lättare att ta fram reservdelar.

Nedan en förteckning över utvecklingspotentialer. Procentsatsen anger en uppskattad besparingsvolym.

Förbättrings potential	Projektfas			Driftfas	
	Projektering	Upphandling	Anläggning	Underhåll	Nedmontering
Ekonomi		Öppen upphandling – räckan kan kombineras		Bättre tillgång till reservdelar	Möjlig återvinning
Estetik	Genomförd gestaltning	Estetiska krav vägs in	Bättre och enhetligt genomförande	Enhetlighet och utbytbarhet	
Tid	Färdiga typritningar ger tidsbesparing	Utvecklad kravspecifikation används	Snabbare anläggning	Förenklat underhåll	Modularitet för enkel nedmontering
Potential	15-20%	10-20%	10-20%	10-20%	?

## Skyltbärare och portaler

### Summering

Genom produktutveckling av skyltbärare och portaler kan projekt av vardagskaraktär ges bättre gestaltning genom användande av prefabricerade standardprodukter. Avsaknaden av ett större antal produkter i mellanskiktet mellan nuvarande standard och Safeline motiverar att produkten studeras.

Kostnadsbesparingen i projektfasen uppskattas till mellan 5-20%. Betydande besparingar förväntas även ligga i driftfasen.

### Standardisering och test av modulariseringsmetoden

Denna typ av stålkomponenter och relativt okomplicerade. Detta ger istället goda möjligheter att samla in en bred beslutsgrund för utvecklingsarbetet. Samtidigt finns en potential att använda gemensamma komponenter för olika skyltbärare och portaler.

### Brister

- Bristande utbud idag. Det behövs utveckling av produktsortimentet för normalprojektet.
- Infästningar och materialövergångar är obearbetade.
- Nya informationssystem, ITS mm är helt nya produkter i vår vägmiljö som behöver studeras och gestaltas.

### Potential

- Produktutveckling baserat på kravspecifikation utvecklad enligt modulariseringsmetoden.
- Produkten skall vara varierbar.
- Användande av kravspecifikation vid utveckling av produkter ger möjlighet till serier.

Nedan en förteckning över utvecklingspotentialer. Procentsatsen anger en uppskattad besparingsvolym.

Förbättrings potential	Projektfas			Driftfas	
	Projektering	Upphandling	Anläggning	Underhåll	Nedmontering
Ekonomi	Högre konkurrens	Möjligt att handla upp färdiga produkter.			Möjlig återvinning
Estetik	Produktutveckling av gestaltade produkter	Estetiska krav kan vägas in	Enhetlighet	Utbytbarhet	
Tid	Snabbare projektering	Utvecklad kravspecifikation används		Enkelt underhåll	Enkel nedmontering
Potential	5-10%	15-20%	15-20%	15-20%	15-20%

## Stödelement

### Summering

Genom produktutveckling av stödelement kan projekt av vardagskaraktär ges bättre gestaltning, exempelvis genom användande av prefabricerade standardprodukter. Avsaknaden av ett större urval av produkter på marknaden motiverar att stödelement undersöks.

Kostnadsbesparingen i projektfasen uppskattas till mellan 10-20%. Betydande besparingar förväntas även ligga i driftfasen.

### Standardisering och test av modulariseringsmetoden

Stödelement är en betongprodukt som är relativt okomplicerad. Detta ger istället goda möjligheter att samla in en bred beslutsgrund för utvecklingsarbetet.

### Brister

- Bristande utbud. Variation av stödelement saknas idag för användning i vardagsprojekt.

### Potential

- Produktutveckling baserat på kravspecifikation utvecklad enligt modulariseringsmetoden.
- Produkten skall vara varierbar mellan projekt för att uppnå olika gestaltungs-kvaliteter på ett enkelt sätt.
- Användande av kravspecifikation vid utveckling av stödelement för projekt med symbolvärde ger möjlighet av återanvändning i vardagsprojekt.

Nedan en förteckning över utvecklingspotentialer. Procentsatsen anger en uppskattad besparingsvolym.

Förbättrings potential	Projektfas			Driftfas	
	Projektering	Upphandling	Anläggning	Underhåll	Nedmontering
Ekonomi	Högre konkurrens	Möjligt att handla upp färdiga produkter.			Möjlig återvinning
Estetik	Produktutveckling av gestaltade produkter	Estetiska krav kan vägas in	Fler möjliga slänthanteringar		
Tid	Snabbare projektering	Utvecklad kravspecifikation används		Enkelt underhåll	Enkel nedmontering
Potential	10-15%	15-20%	15-20%	?	?

## Viltstängsel

### Summering

Avsaknaden av genomtänkta lösningar för anslutningar, viltuthopp och grindar medför kostnader i byggskedet. Ett större utbud av viltstängsel med tillhörande komponentfamilj kan innebära en bättre anpassning till omgivning med ett lugnare intryck.

Kostnadsbesparingen i projektfasen uppskattas till mellan 5-20%. Betydande besparingar förväntas även ligga i driftfasen.

### Standardisering och test av modulariseringsmetoden

Viltstängsel ska i regel smälta in mot omgivningen och typ och placering ska bidra till ett visuellt lugn. Studien ger möjligheter att samlat utveckla en vardagsprodukt som inte är styrd av särskilda trafiksäkerhetskrav.

### Brister

- Bristande utbud. Det behövs utveckling av produktsortimentet för normalprojektet.
- Infästningar, komponenter och anslutningar är obearbetade.

### Potential

- Produktutveckling baserat på kravspecifikation utvecklad enligt modulariseringsmetoden.
- Produkten och dess komponenter ska vara varierbar.
- Användande av kravspecifikation vid utveckling av produkter ger möjlighet till serier.

Nedan en förteckning över utvecklingspotentialer. Procentsatsen anger en uppskattad besparingsvolym.

Förbättrings potential	Projektfas			Driftfas	
	Projektering	Upphandling	Anläggning	Underhåll	Nedmontering
Ekonomi		Möjligt att handla upp färdiga produkter.			Möjlig återvinning
Estetik	Produktutveckling av gestaltade produkter	Estetiska krav kan vägas in	Enhetlighet	Utbytbarhet	
Tid	Snabbare projektering	Utvecklad kravspecifikation används		Enkelt underhåll	Enkel nedmontering
Potential	5-10%	10-15%	15-20%	15-20%	10-15%

